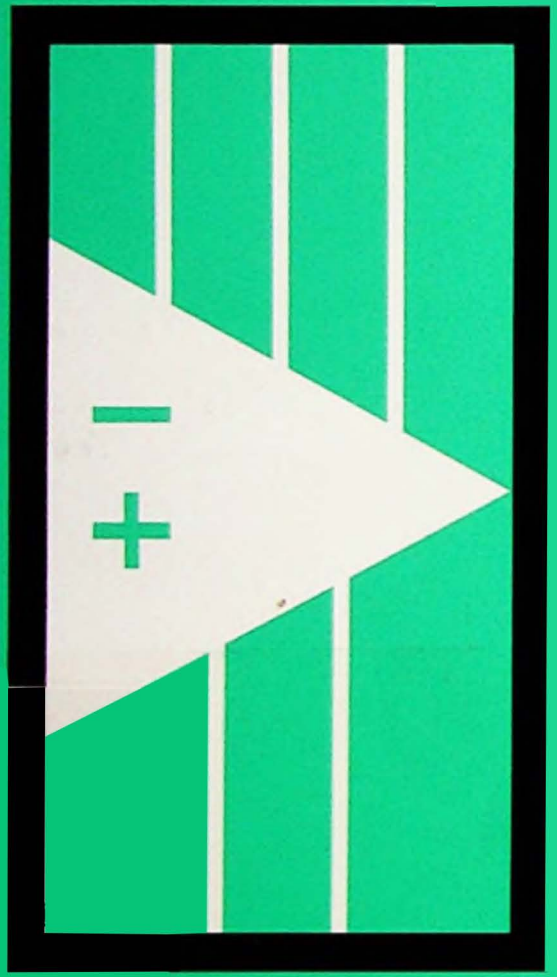


TOPP Buchreihe Elektronik 47

Rudi und Uwe Redmer

# IC 741

1 Baustein = 67 Schaltungen

Buchreihe Elektronik 47

Rudi und Uwe Redmer

# IC 741

## 1 Baustein = 67 Schaltungen

Frech-Verlag Stuttgart

ISBN 3-7724-0314-X · Best.-Nr. 47

© 1973 · 3. erweiterte Aufl. 1979

frech-verlag
GmbH + Co. Druck KG Stuttgart

Wissenschaftliche Assistenz:
Professor Otmar Kilgenstein

Anschrift des Verfassers:
6200 Wiesbaden, Dotzenheimer Straße 28

**Der Verlag bittet zu beachten:**
Unsere Veröffentlichungen von Schaltungen und Verfahren erfolgen ohne Rücksicht auf bestehende Patente, da sie nur für Amateur- und Lehrzwecke bestimmt sind. Eine gewerbliche Nutzung ist ausdrücklich untersagt.
Trotz sorgfältiger Überprüfung aller Schaltungen und Angaben durch Verfasser und Verlag lassen sich Fehler nie ganz vermeiden. Der Verlag kann deshalb weder eine Garantie für Fehlerlosigkeit noch die juristische Verantwortung oder irgendeine Haftung übernehmen. Verfasser und Verlag sind für Hinweise auf Fehler sowie für Verbesserungs- oder Ergänzungsvorschläge dankbar.

## Inhalt


Einleitung ..... 7
Funktion des Bausteins ..... 8
Prüfschaltung und Wahrheitstabelle ..... 9
Bestimmung der Verstärkung ..... 10
Frequenzabhängige Gegenkopplung ..... 11
Erhöhung des Eingangswiderstandes ..... 12
Erhöhung der Belastbarkeit am Ausgang ..... 12
Typenübersicht ..... 13
Anschlüsse und Beschaltung ..... 14

**Musikschaltungen:**
Vorverstärker für Kristalltonabnehmer ..... 16
Vorverstärker für magnetische Mikrofone ..... 16
Vorverstärker für magnetische Tonabnehmer ..... 17
Mischverstärker ..... 17
Tonbandwiedergabeverstärker mit Baßanhebung ..... 18
Impedanzwandler ohne Spannungsverstärkung ..... 19
Gitarren-Vorverstärker ..... 20
Aktives Klangfilter ..... 21
Aktives Bandfilter ..... 23
3-Watt-Musikverstärker ..... 24
Hi-Fi-Verstärker, 12 W ..... 25
Hi-Fi-Verstärker, 15 W, 12 V, mit aktivem Klangfilter ... 28
Gegensprechanlage ..... 30
Telefonabhörverstärker ..... 32
Zusammenbau eines kompletten Verstärkers ..... 32

**Grundschaltungen:**
Integrator ..... 35
Brückenschaltung ..... 36
Wienbrücke mit IC ..... 36
Multivibrator für symmetrisches Rechteck ..... 38
Multivibrator für unsymmetrisches Rechteck ..... 39
Nadelimpulsgenerator für positive und
negative Impulse ..... 40
Monostabile Kippstufe ..... 41
Flip-Flop ..... 42
Schmitt-Trigger ..... 43
Komparator ..... 44

**Meßschaltungen:**
Einfacher Analog-Digitalwandler ..... 44
Nano-Amperemeter für Gleichstrom ..... 46
Millivoltmeter und Mikroamperemeter ..... 46
Wechselspannungsvoltmeter mit linearer Skala ..... 48
Lineares Ohmmeter ..... 48
Fernthermometer bis 150 °C ..... 50

**Akustische Anzeige:**
Sirene ..... 51

**Zeitschaltungen, Lichtschaltungen:**


Schalter für Zeitrafferaufnahmen ..... 52
Lichtschranke mit IC ..... 53
Wechsellichtschranke mit Laser ..... 54
Dämmerungsschalter mit Verzögerung ..... 55
Zeitrelais ..... 56
Zeitrelais mit Anzeige ..... 58
Schweißzeitbegrenzer für Punktschweißmaschinen ... 60


**Industrieschaltungen:**


Kabelsucher ..... 61
Nachlaufsteuerung ..... 62
Anlasser ..... 63
Wechselstromgenerator für kleine Motoren ..... 64
Nullspannungsschalter für Triacs ..... 64
Nullspannungsschalter für Thyristoren ..... 67
Thyristorsteuerung für Gleichstrommotoren ..... 69
Netzgerät mit Impulsbreitenregelung ..... 72
Stabilisierte Spannungsquelle 0 bis 60 V ..... 73
Stabilisierte Spannungsquelle 0 bis 30 V, 5 A ..... 74
Variable Referenzspannung ..... 75
Thermostatische Proportionalregelung ..... 76
Drehzahlmesser für Ottomotoren ..... 77
Drehzahlmesser für Dieselmotoren ..... 78
Taktgeber für Warnblinkanlagen ..... 79
Scheibenwischerautomatik ..... 80
Berührungsschalter ..... 81
Stroboskop ..... 82


**Stromversorgungen für ICs:**


Batterie direkt ..... 84
Erzeugung der Mittelspannung ..... 85
Verschiedene Stromversorgungen mit Trafo ..... 85
Hochwertige Stabilisierung mit integrierten
Konstanthaltern ..... 88
Impulsgeber für kleine Vibratoren ..... 89
Niveaugeber für Brunnen und Behälter ..... 90
Analogwertspeicher ..... 91
Annäherungsschalter ..... 92
Leistungsmeßgerät ..... 93

Mit diesem Buch soll dem Anwender von linearen integrierten Verstärkern gezeigt werden, wie einfach und betriebssicher bekannte Schaltungen mit diesen Bausteinen aufgebaut werden können. In den letzten Jahren sind die Preise aller integrierten Schaltungen stark gesunken, und so ist nun auch der Amateur in der Lage, diese Bausteine, zum Teil preiswerter als ein Aufbau mit Transistoren, in die gewünschen Schaltungen einzusetzen.

Wer noch nie mit integrierten Schaltungen gearbeitet hat, ist im allgemeinen der Auffassung, daß sich eine bestimmte Type nur für einen Anwendungszweck einsetzen läßt. Die nächste Unsicherheit entsteht durch die verschiedenen Bezeichnungen des gleichen Bausteines durch verschiedene Hersteller. Auch wird ein Baustein mit gleichen Eigenschaften, aber z. B. mit besserer Verstärkung und höherem Eingangswiderstand unter einer anderen Typenbezeichnung geführt. Weiter erschwerend ist die Tatsache, daß Unterlagen in deutscher Sprache für Amateure sehr schwer erhältlich sind.

Der Autor hat bewußt nur einen Baustein in allen Varianten verwendet. Sobald der Leser einige Schaltungen aufgebaut hat, wird er erkennen, daß sich auch eigene Ideen sehr schnell verwirklichen lassen.

*

Die in den Schaltungen verwendeten Bausteine sind monolithische, integrierte Schaltungen, die als Differenzverstärker ausgeführt sind. Da sie ursprünglich für Computer entwickelt wurden, in denen sie Rechenoperationen ausführten, werden sie auch Operationsverstärker genannt. Integriert bedeutet, daß die gesamte Schaltung zusammengefaßt in einem Gehäuse untergebracht ist, und da die einzelnen Bauteile in einem Kristall geätzt und diffundiert sind, so spricht man von monolithischen Verstärkern (Monolith = Einkristall). Linear bedeutet, daß der Verstärker das Eingangssignal im Verhältnis zur Verstärkung am Ausgang unverändert abgibt.

## Funktion des Bausteins

Der Baustein besitzt 2 Eingänge.
Ein Eingang heißt invertierend und wird mit Minus bezeichnet. Der andere Eingang heißt nichtinvertierend und wird mit Plus bezeichnet.
Wird z.B. am invertierenden oder mit – bezeichneten Eingang eine positive Spannung angelegt, so invertiert der Baustein dieses Signal, d.h., kehrt es um und liefert am Ausgang eine negative Spannung.
Legt man nun die positive Spannung an den nichtinvertierenden oder mit + bezeichneten Eingang, so erhält man am Ausgang eine positive Spannung.
Viele Leser werden die innere Schaltung des Bausteines in diesem Buch vermissen. Es ist jedoch selbst für den geübten Amateur kaum möglich, die aus mehreren Differenzverstärkern, Stromstabilisierungsschaltungen und Transistoren (die als Dioden oder nur als Widerstände funktionieren) bestehenden IC zu erkennen und den Stromlauf zu verfolgen.
Wichtiger ist es, genau zu wissen, wie mit dem Baustein erfolgreich gearbeitet wird.

Besondere Vorteile sind:
Größte Temperaturstabilität, lineare Verstärkung und kleine Abmessungen. Klarheit über die Funktion gibt die sogenannte Wahrheitstabelle, aus der man die Funktion des Bausteins erkennen kann.

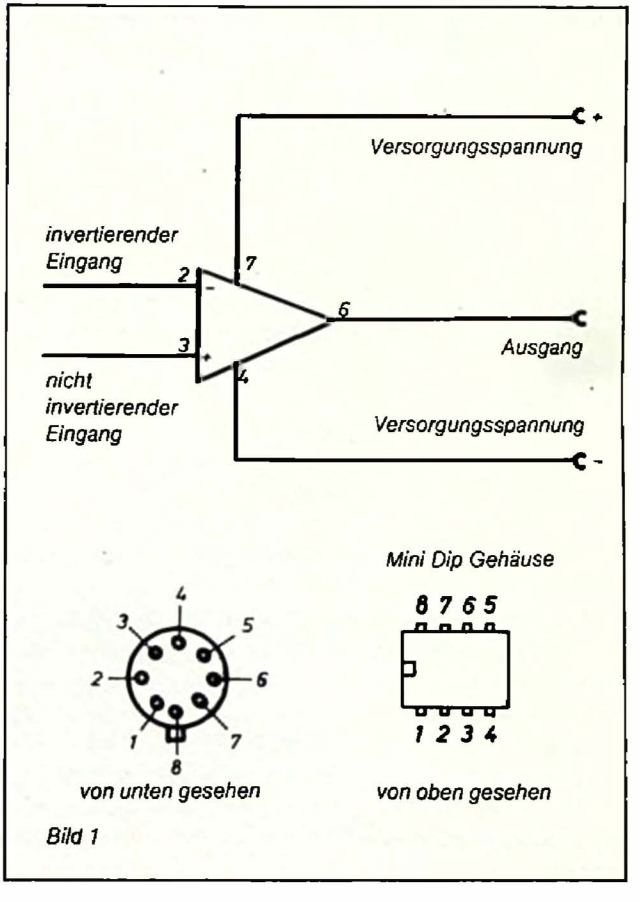



Bild 1

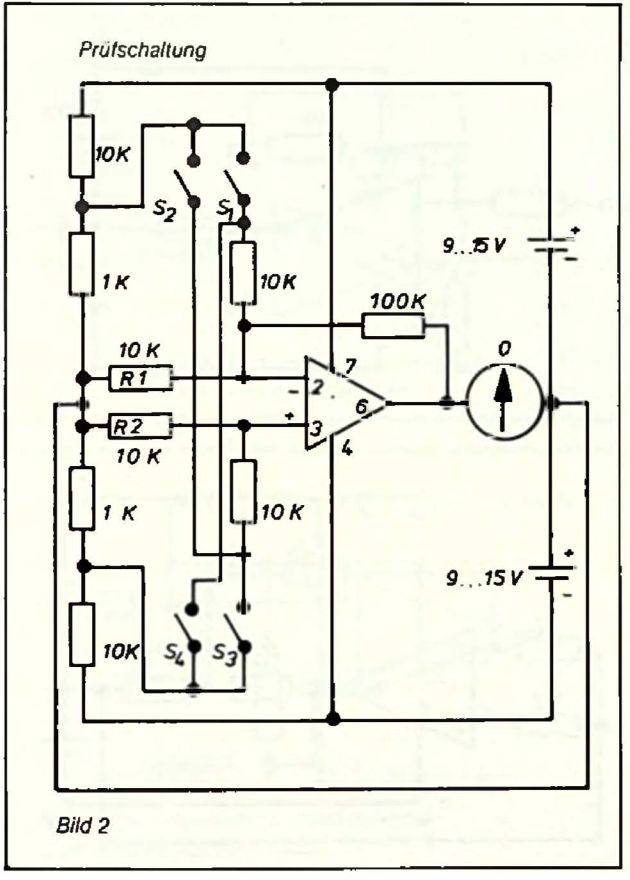



Bild 2

**Wahrheitstabelle**

| $S_1$ | $S_2$ | $S_3$ | $S_4$ | Ausgang |
|---|---|---|---|---|
| offen | offen | offen | offen | ± 0 |
| + | offen | offen | offen | − |
| offen | + | offen | offen | + |
| offen | offen | − | offen | − |
| offen | offen | offen | − | + |
| + | + | offen | offen | ± 0 |
| offen | offen | − | − | ± 0 |

Die Schalter sind für die Versuchsanordnung lt. Bild 2 zunächst alle zu öffnen. Nun liegt an den beiden Eingängen über die Widerstände $R_1$, $R_2$ das Potential ± 0. Der Ausgang zeigt gegen ± 0 keine Spannungsdifferenz.
Die Spannungsangabe für den Ausgang gilt beim Betätigen der Schalter.
Aus den letzten beiden Spalten erkennt man, daß der Ausgang ± 0 auch dann gegeben ist, wenn beide Eingänge auf negativem oder positivem Potential liegen. Der Ausgang ist also positiv oder negativ bei einer Differenz der Eingänge; nicht bei gleicher Spannung.

## Bestimmung der Verstärkung

Die hier beschriebenen Verstärker verfügen über Verstärkungen, je nach Baustein, von 20000fach bis 2000000fach. Mit Hilfe einer Gegenkopplung von Anschluß 2 nach 6 wird die Verstärkung nach Bedarf eingestellt.

Die Verstärkung ist: $V = 1 + \frac{R3}{R1}$

z.B. $R_1 = 10\,k\Omega$
$R_3 = 1\,M\Omega$

Dann ist die Verstärkung $V = 1 + \frac{1000000}{10000}$

$= 101$fach

Diese Art der Gegenkopplung reicht für Bausteine mit niedrigem Eingangswiderstand und kleiner Verstärkung aus. Bei größeren Eingangswiderständen und hoher Verstärkung müßte man Widerstände von mehreren Gigaohm oder Teraohm verwenden. Deshalb wird dann die Schaltung nach Bild 4 verwendet.

Die Verstärkung ist nun:

$$V = \left(1 + \frac{R4}{R5}\right)\frac{R3}{R1}$$

Bild 3

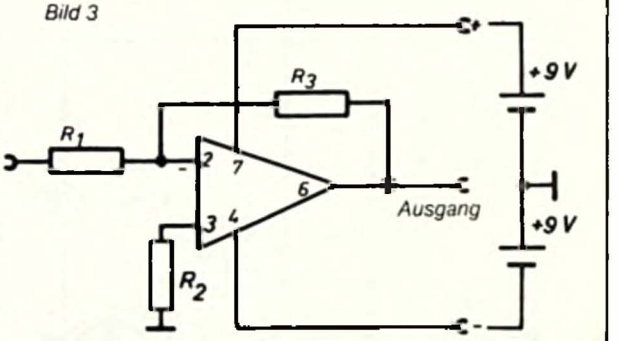



Bild 4

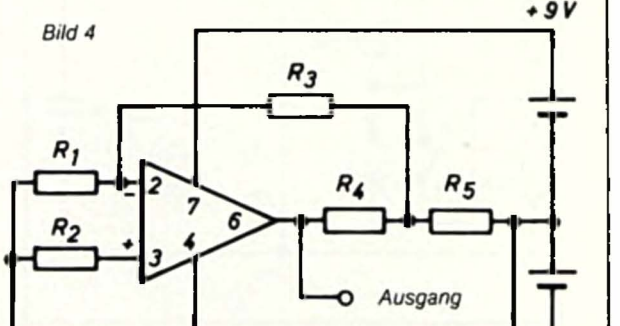
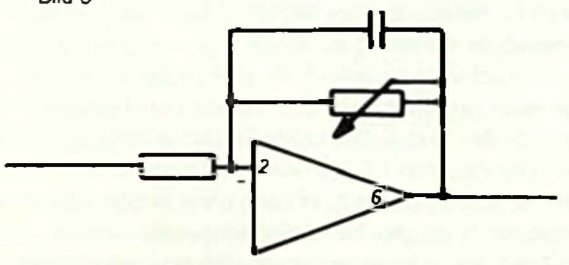


Bild 5

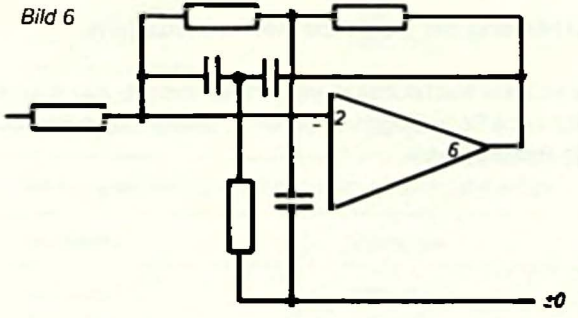



*Frequenzabhängige Gegenkopplung ergibt bei höherer Frequenz weniger Verstärkung*

## Frequenzabhängige Gegenkopplung

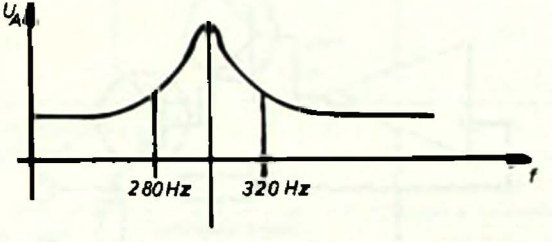
Selbstverständlich kann die Gegenkopplung und somit die Verstärkung regelbar gemacht werden. In diesem Falle würde $R_3$ ein Potentiometer sein. Oft ist es erwünscht, die Verstärkung frequenzabhängig zu machen. So z. B. für magnetische Mikrofone, Tonabnehmer etc. Dann werden in die Gegenkopplung Kondensatoren oder RC-Glieder geschaltet, die bestimmte Frequenzen anheben oder unterdrücken. Nach Bild 6 lassen sich sehr steile aktive Filter aufbauen, mit denen Frequenzen scharf ausgefiltert werden können, z. B. Tonschaltstufen für Fernsteuerungen, indem man T-Filter oder Doppel-T-Filter in die Gegenkopplung schaltet.

Bild 6




*Verstärker bringt höchste Verstärkung bei Resonanz im Doppel-T-Filter*

$U_A$ = *Amplitude am Ausgang* — *Bild 7*




*Resonanzfrequenz z. B. 300 Hz*

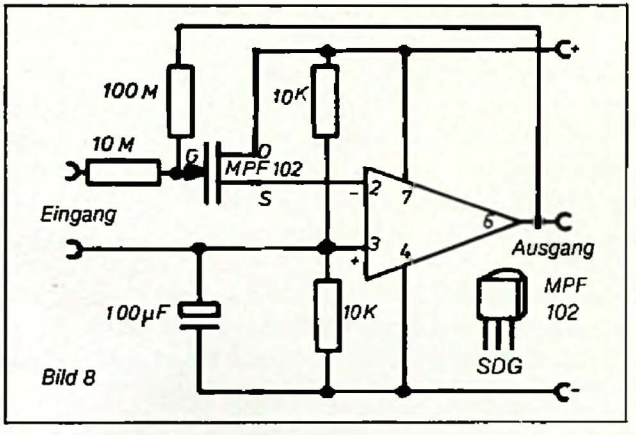


Bild 8

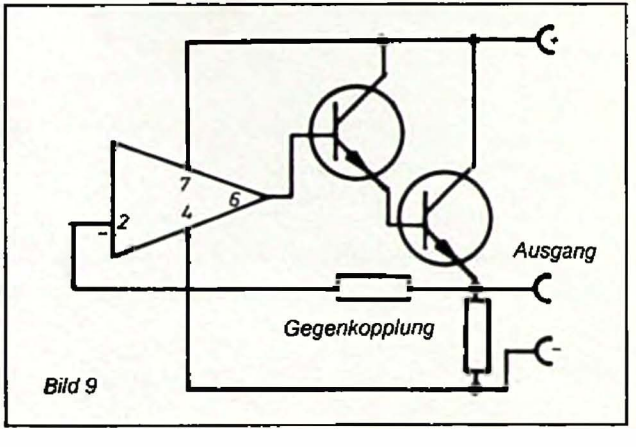


Bild 9

## Erhöhung des Eingangswiderstandes

Durch Vorschaltung eines MOSFET kann der Eingangswiderstand der Schaltung auf einige Gigaohm gesteigert werden. Einfacher ist es jedoch, die jetzt preiswert erhältlichen Operationsverstärker mit FET-Eingang zu verwenden. Dies hat noch den Vorteil, daß beide Eingänge sehr hochohmig sind. Der Baustein LF 357 von der Firma National ist mit dem 741 kompatibel, d. h. er kann ohne Änderung der Leiterbahnen in die gleiche Platine eingesetzt werden. Auch bezüglich des Ausgangsstromes, der Kurzschlußfestigkeit gilt alles über den 741 Gesagte. Der Eingangswiderstand beträgt $10^{12}$ Ohm, das sind 1 Million × 1 Million Ohm.

## Erhöhung der Belastbarkeit am Ausgang

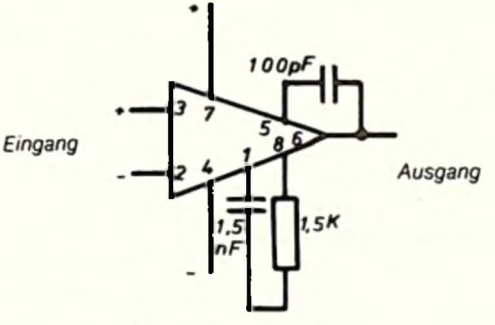
Durch das Nachschalten von Transistoren lt. Bild 9 lassen sich hohe Belastungen erreichen z. B. bei Netzgeräten oder als Relaisschalter.

| Typenübersicht | | | |
|---|---|---|---|
| **Hersteller** | Typ 709 | Typ 741 | Typ 748 |
| Valvo<br>Motorola<br>Fairschild<br>Siemens<br>Texas Instr. | TAA 522<br>MC 1709 CG<br>µA 709<br><br>SM 72 709 | TBA 222<br>MC 1741 CG<br>µA 741<br>TBA 221<br>SM 72 741 | MC 1748<br>µA 748 |
| **Wichtige Betriebsdaten:** | | | |
| Umax<br>U Betrieb<br>R Eing.<br>I Ausg.<br>Kurzschlußsicher<br>max. Frequenz<br>Externe Beschaltung<br>erforderlich<br>Nullpunkt einstellbar | + 18 – 18 V<br>+ 9 bis 15 – 9 bis – 15<br>250 k<br>10 mA<br>nein<br>1000 kHz<br><br>ja<br>bedingt | + 18 – 18 V<br>+ 6 bis 15 – 6 bis – 15 V<br>1 M<br>10 mA<br>ja bis ± 15 V<br>1000 kHz<br><br>nein<br>ja | + 18 – 18 V<br>+ 3 bis 15 – 3 bis – 15<br>2 M<br>10 mA<br>ja<br>1000 kHz<br><br>nein<br>ja |
| Mit den gleichen Eigenschaften gibt es auch 2 Bausteine in einem Dual-Inline-Gehäuse: | | | |
| **Hersteller** | 2fach 709 | | |
| Motorola<br>Fairschild<br>Nation.Sem. | MC1437<br>µA1437 | LMC1458<br>µA747<br>1458 | |

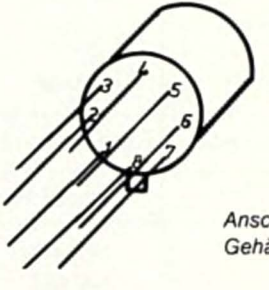
## Anschlüsse und Beschaltung

Der Preisunterschied von Baustein 709 zu 741 beträgt z. Z. ca. DM 0,30. Es fallen aber beim 741 die beiden Kondensatoren und ein Widerstand fort. Die Verstärkung des 741 ist doppelt so hoch und der Baustein läßt sich für alle Schaltungen einsetzen, bei denen der 709 vorgesehen war. Werden höhere Anforderungen gestellt, so ist der 748 geeignet, der allerdings auch teurer ist.

Bevor wir mit praktischen Schaltungen beginnen, weise ich noch einmal darauf hin, daß die Bezeichnung + und − an der linken Seite des Dreiecks nicht die Stromversorgung für den Baustein, sondern der invertierende und nichtinvertierende Eingang ist. Die Anschlüsse liegen bei allen 3 Bausteinen und bei allen Fabrikaten an der gleichen Stelle.

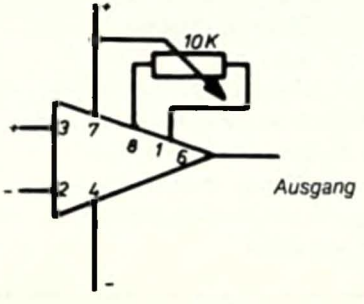



*Typ 709 mit Kondensationskondensatoren*

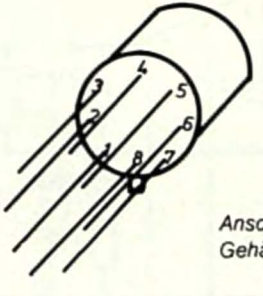


*Anschluß 4 mit Gehäuse verbunden*

*Bild 10*



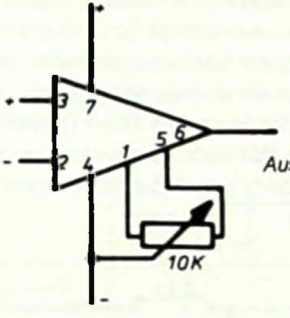

Typ 725 mit Nullpunktkorrektur für Meßaufgaben



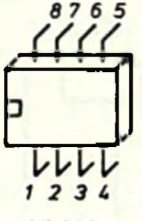

Anschluß 4 mit
Gehäuse verbunden

Bild 11

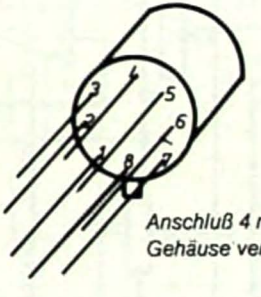
Bild 12




Typ 741 mit Nullpunktkorrektur für Meßaufgaben




Mini Dip




Anschluß 4 mit
Gehäuse verbunden

## Vorverstärker für Kristalltonabnehmer

Kristalltonabnehmer besitzen eine hochohmige Impedanz, die für viele Verstärker mit niederohmigem Eingang ungeeignet ist. Es ist dann erforderlich, die Impedanz anzupassen, um Verluste der Bässe zu vermeiden und gegebenenfalls die vom Tonabnehmer abgegebene Leistung zu verstärken. Durch Variieren des 100-kΩ-Widerstandes in der Gegenkopplung läßt sich die gewünschte Verstärkung erreichen. Je niederohmiger der Widerstand, um so kleiner die Verstärkung.

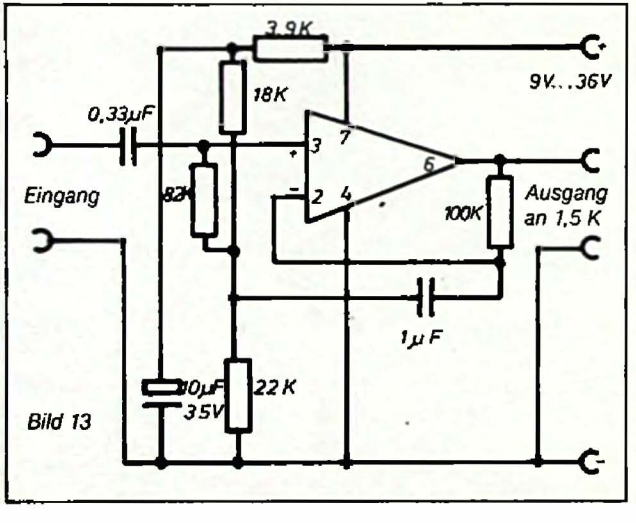


Bild 13

## Vorverstärker für magnetische Mikrofone

Bild 14 zeigt einen Vorverstärker für magnetische Mikrofone mit ausreichender Empfindlichkeit und einer Ausgangsimpedanz von 1 kΩ.
Da die Schaltung ca. 50fach verstärkt und die Eingangsempfindlichkeit bei einigen Mikrovolt liegt, ist es empfehlenswert, die gesamte Schaltung in ein Metallgehäuse einzusetzen, um Brummeinstreuungen zu vermeiden.
Daß das Gehäuse mit dem Minuspol zu verbinden ist, versteht sich von selbst.

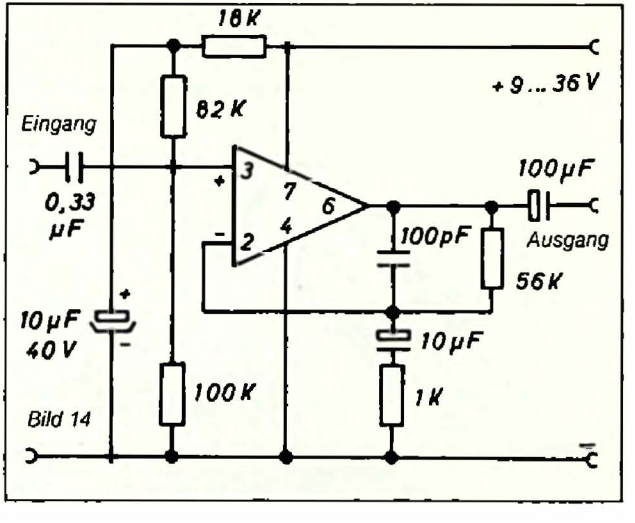
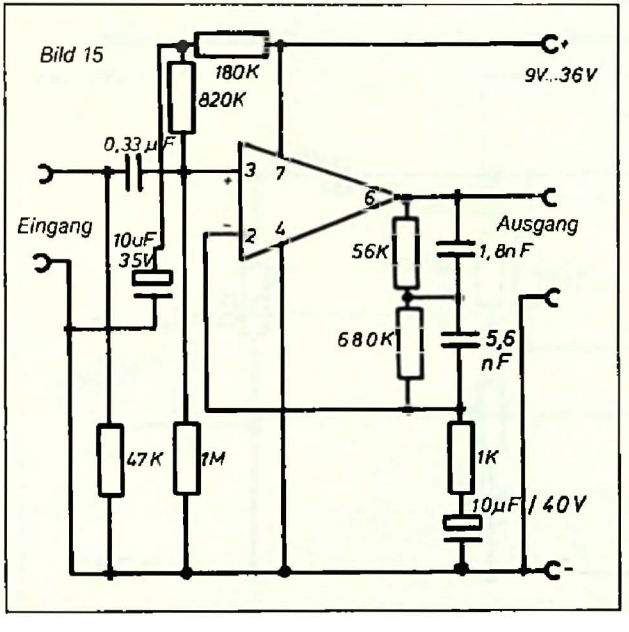


Bild 14

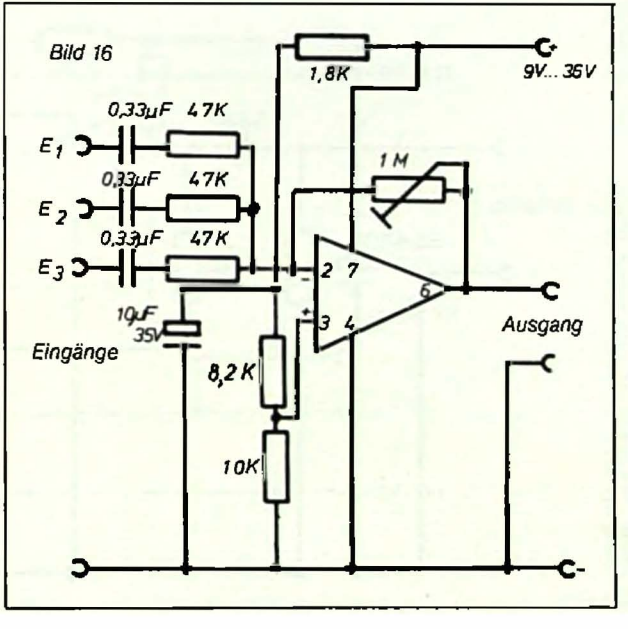
## Vorverstärker für magnetische Tonabnehmer

Hochwertige Plattenspieler besitzen magnetische Tonabnehmer. In vielen Verstärkern ist kein entsprechender Entzerrervorverstärker eingebaut.
Mit der Schaltung 15 läßt sich leicht ein entsprechender Vorverstärker aufbauen.



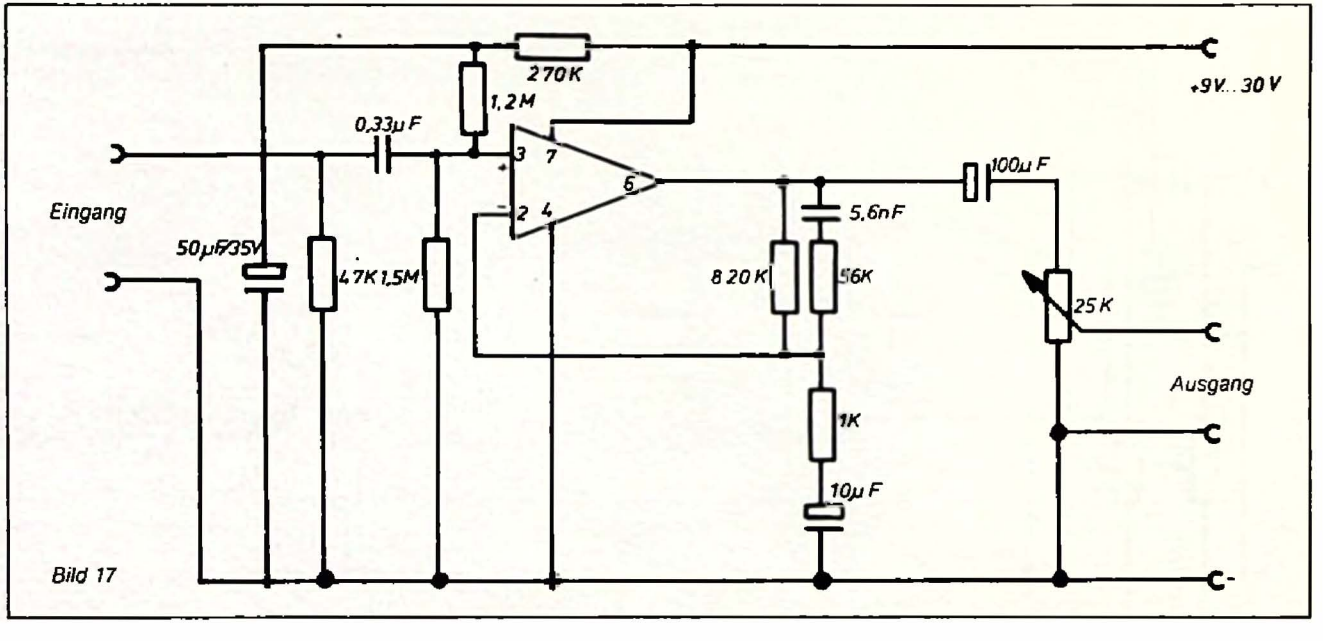

## Mischverstärker

Mischpulte haben wegen der notwendigen Vorwiderstände zum Entkoppeln der einzelnen Kanäle Verluste, die ausgeglichen werden müssen. Die Verstärkung muß linear sein, sie kann durch Veränderung der Gegenkopplung auf den gewünschten Wert eingestellt werden.



## Tonbandwiedergabeverstärker mit Baßanhebung

Tonbandgeräte erzeugen beim Abspielen Spannungen, die stark frequenzabhängig sind. Der Verstärker nach Bild 17 ist als Entzerrerverstärker für diesen Zweck geeignet.



## Impedanzwandler ohne Spannungsverstärkung

Zur Anpassung von hochohmigen Gebern an niederohmige Verbraucher eignet sich Schaltung Bild 18. Die Spannung am Ausgang ist genau so hoch wie am Eingang. Der Eingangswiderstand beträgt 1 M$\Omega$ und am Ausgang beträgt die Impedanz 1 k$\Omega$.

Die Eingangswechselspannung »SS« darf maximal 80% der Versorgungsspannung betragen. Hierbei ist zu beachten, daß die Spitzenspannung »SS« 2,8 mal höher ist als die effektive Spannung.

Das Signal wird nicht invertiert; d. h. es erscheint am Ausgang phasenrichtig.

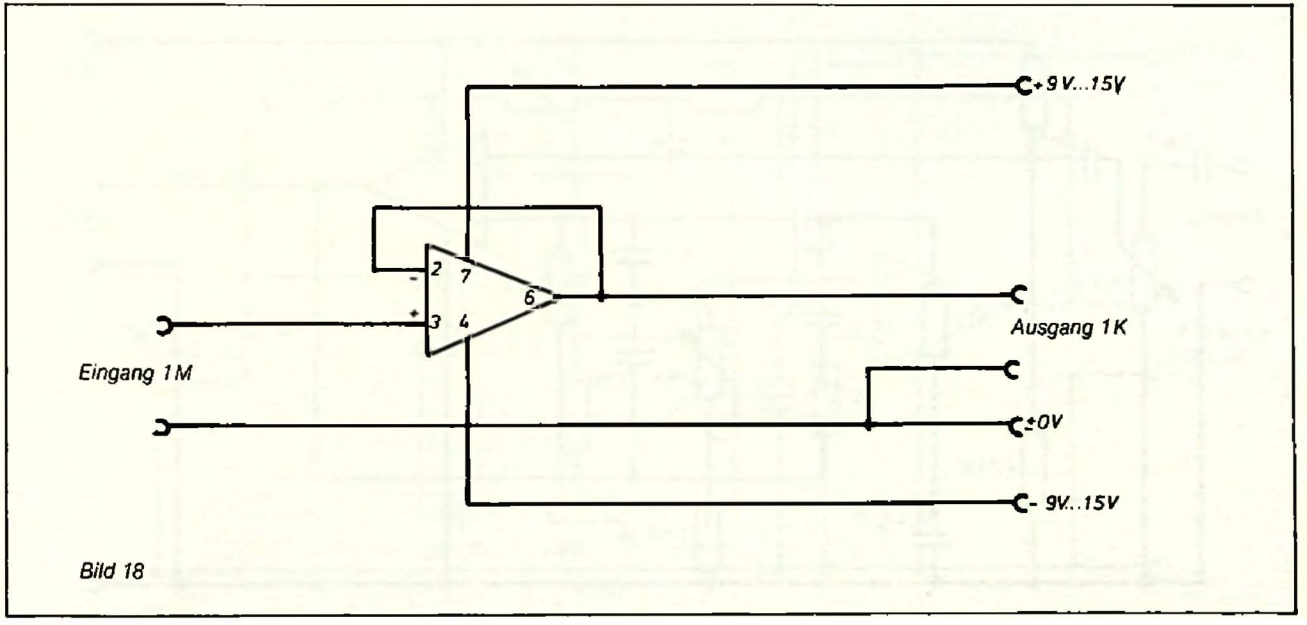
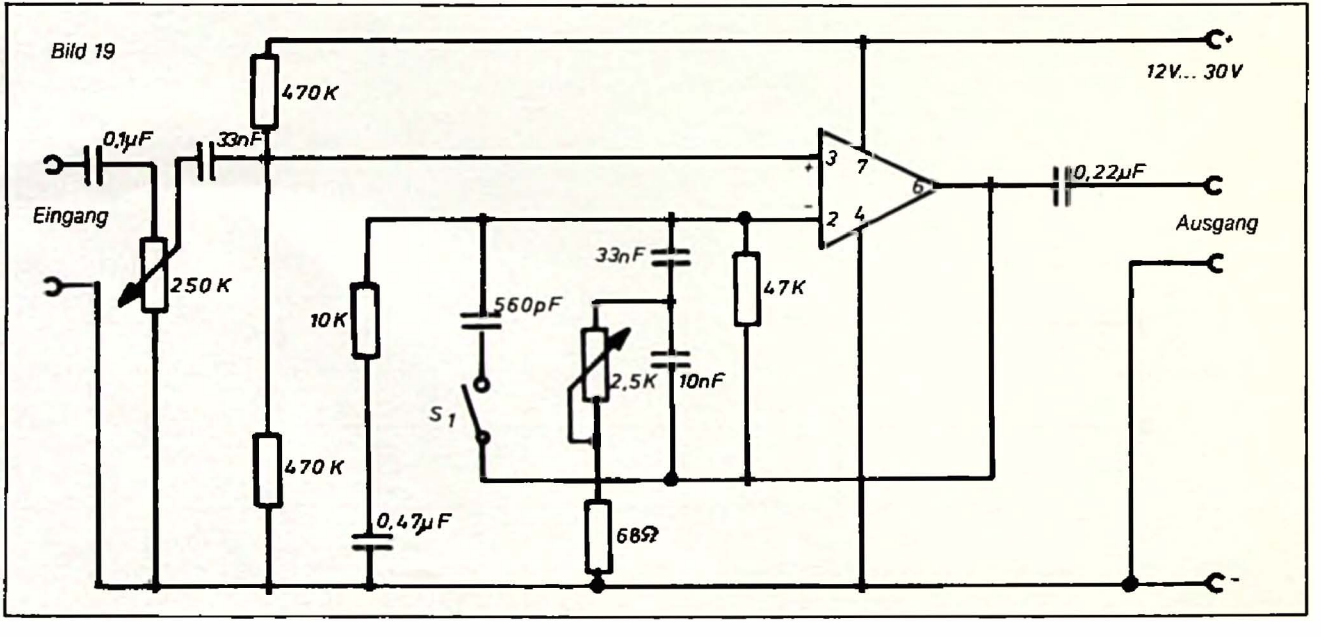



Bild 18

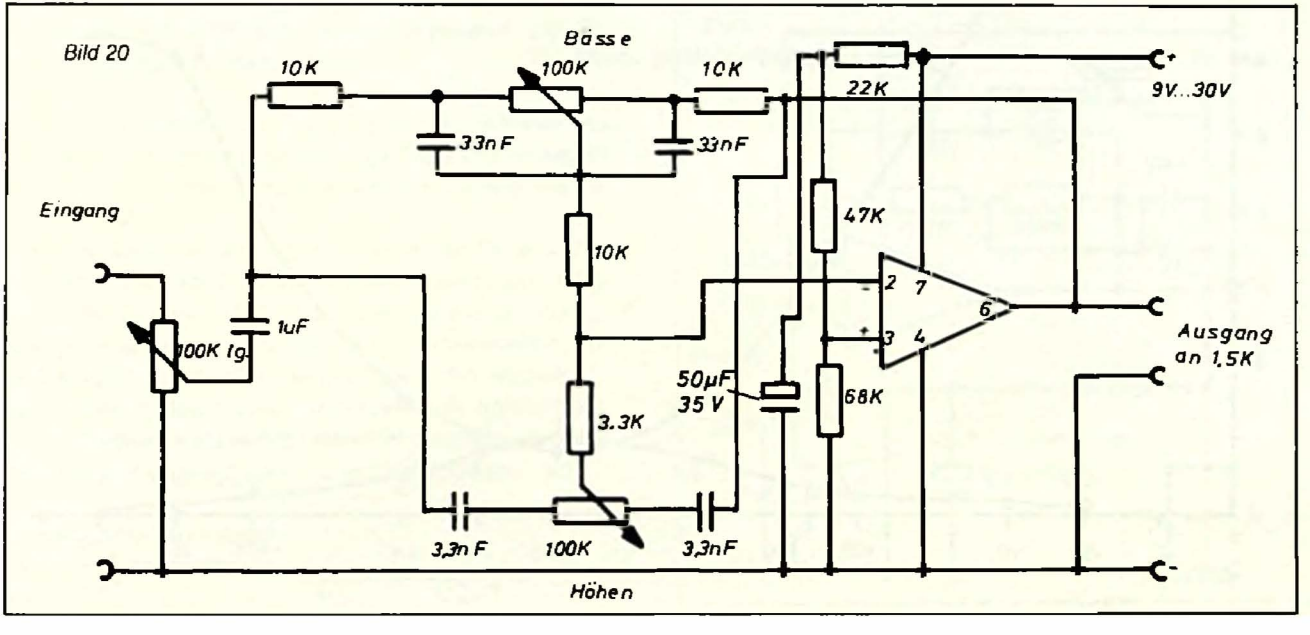
## Gitarren-Vorverstärker

Der Vorverstärker nach Bild 19 ist rund um ein IC 741 aufgebaut, er wird vor dem üblichen Gitarren-Verstärker angeordnet. Die Signalspannung wird am Lautstärkeneinsteller 250 kΩ abgegriffen und dem nichtinvertierenden Eingang des 741 zugeführt. Zur Klangbeeinflussung dient eine frequenzabhängige Gegenkopplung in Form eines RC-Netzwerks, sie führt vom Ausgang zum invertierenden Eingang des IC. Der Frequenzgang der Gegenkopplung ist einstellbar, das Poti 2,5 kΩ bildet den »Geschmacksknopf«, mit dem der »persönliche Sound« zu bestimmen ist. Rauschanteile können durch Schließen von $S_1$ unterdrückt werden. Die Schaltung liefert einen sehr brillanten Gitarrenklang.



## Aktives Klangfilter

Beim passiven Klangfilter können die Höhen und Bässe nur abgeschwächt werden. Die Schaltung Bild 20 zeigt nun ein Klangfilter, bei dem die Höhen und Bässe abgeschwächt oder verstärkt werden können. Die Regelmöglichkeit ist doppelt so groß. Die aus T-Filtern bestehenden Klangregler liegen in der Gegenkopplung des IC und beeinflussen frequenzabhängig die Verstärkung des Bausteins.



## Verstärkung des aktiven Klangfilters

Die Meßwerte wurden bei 30 V Betriebsspannung ermittelt. Die Eingangsspannung betrug 1 Vss.
Max. zulässige Eingangsspannung 2,5 Vss bei 30 V Versorgungsspannung. Klirrfaktor bei 1000 Hz 0,03%. Eigenrauschen 0,3 mVss.

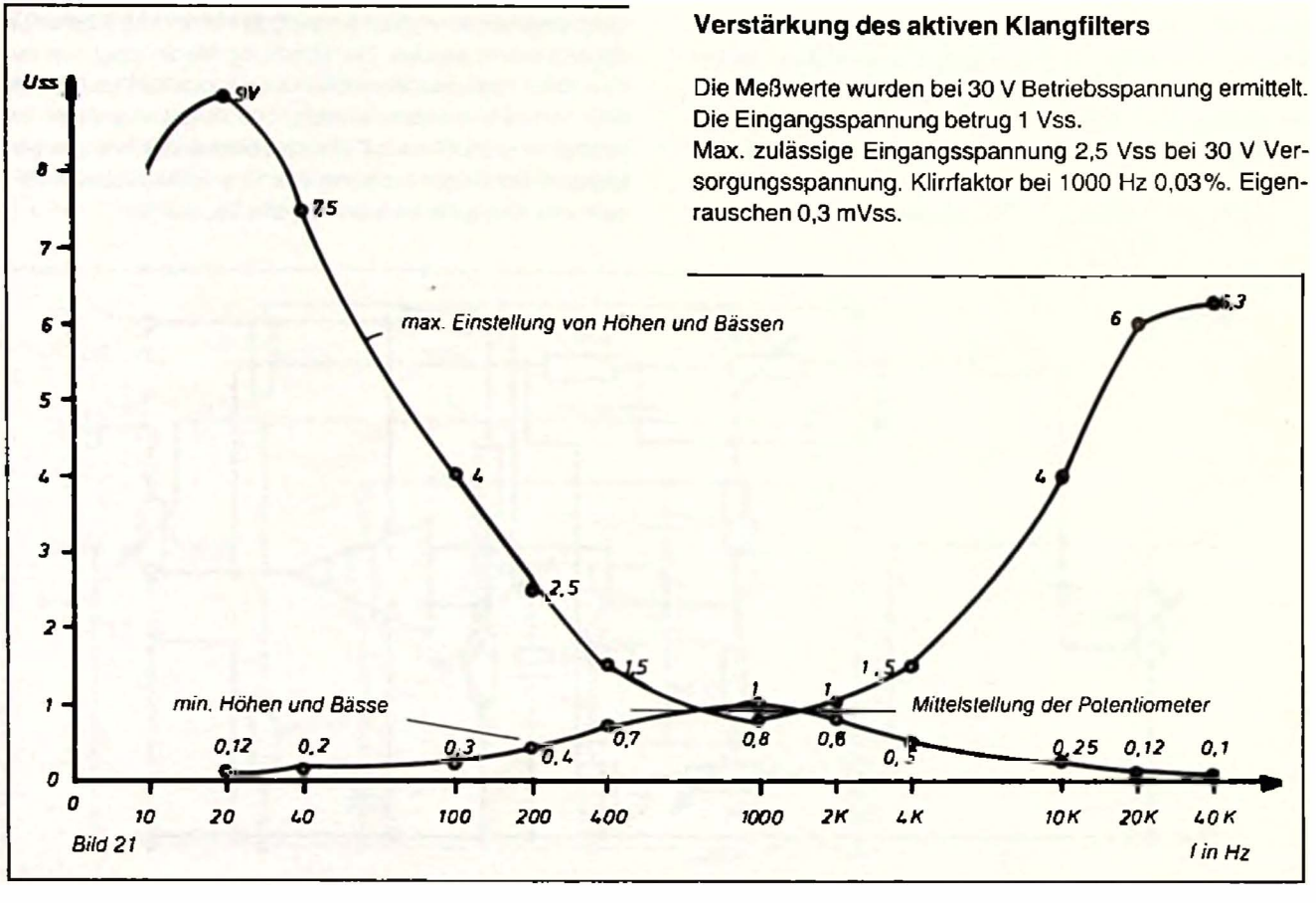



Bild 21

## Aktives Bandfilter

Zur Ausfilterung von gewünschten Frequenzen aus einem Frequenzgemisch, z. B. Musik, Tonsignale von Fernsteuerungen mit mehreren Kanälen, Lichtorgeln für mehrere Kanäle, kannte man bis vor kurzem nur passive Filter, die mit RC-Kombinationen oder besser mit abstimmbaren Resonanzkreisen, bestehend aus Spulen und Kondensatoren, aufgebaut waren. Mit Hilfe der integrierten Verstärker ist es nun möglich, aktive Bandfilter hoher Genauigkeit und kleiner Abmessungen zu realisieren.

Die in Bild 22 gezeigte Schaltung läßt sich durch Verändern der Kondensatoren für jede beliebige Frequenz auslegen. Mit Hilfe des Trimmwiderstandes wird die Steilheit des Filters beeinflußt.
Maximale Selektion wird erreicht, wenn die Widerstände und Kondensatoren Toleranzen von 1 % aufweisen. Möglichst sollte $C_3$ genau doppelt so groß sein wie $C_1$ oder $C_2$. Es ist günstig, 4 gleiche Kondensatoren zu verwenden, wovon 2 Kondensatoren für $C_3$ parallel geschaltet werden.
Auch sollten die kapazitiven Widerstände der Kondensatoren bei der gewünschten Filterfrequenz möglichst den gleichen Wert haben wie die ohmschen Widerstände.

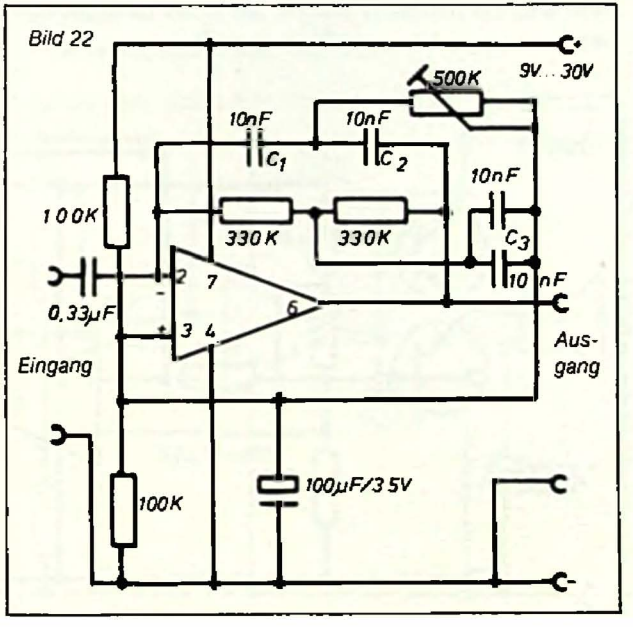
Der kapazitive Widerstand eines Kondensators ist:

$$\frac{1}{XC} = \frac{1}{C \cdot 2\pi \cdot f}$$

Die Filterfrequenz ist:

$$f = \frac{1}{2\pi \cdot R \cdot C}$$

XC = Kapazitiver Widerstand des Kondensators bei Wechselspannung
C = Kapazität des Kondensators in Farad (1 µF = 0,000001 Farad)
2π = 6,28
f = Frequenz in Hertz



**3-Watt-Musikverstärker** (für $U_B = 12$ V und $R_L = 4\ \Omega$)

Sehr billig läßt sich mit wenig Arbeitsaufwand ein kleiner Verstärker hoher Klanggüte und 0,13 V Eingangsempfindlichkeit bauen. Die Endtransistoren sollten hohe und gleiche Stromverstärkung haben.
Steht eine höhere Eingangsspannung zur Verfügung, so kann die Gegenkopplung niederohmiger gemacht werden. Dann wird der Klirrfaktor kleiner, der in der gezeigten Dimensionierung 0,3% bei 1000 Hz beträgt.

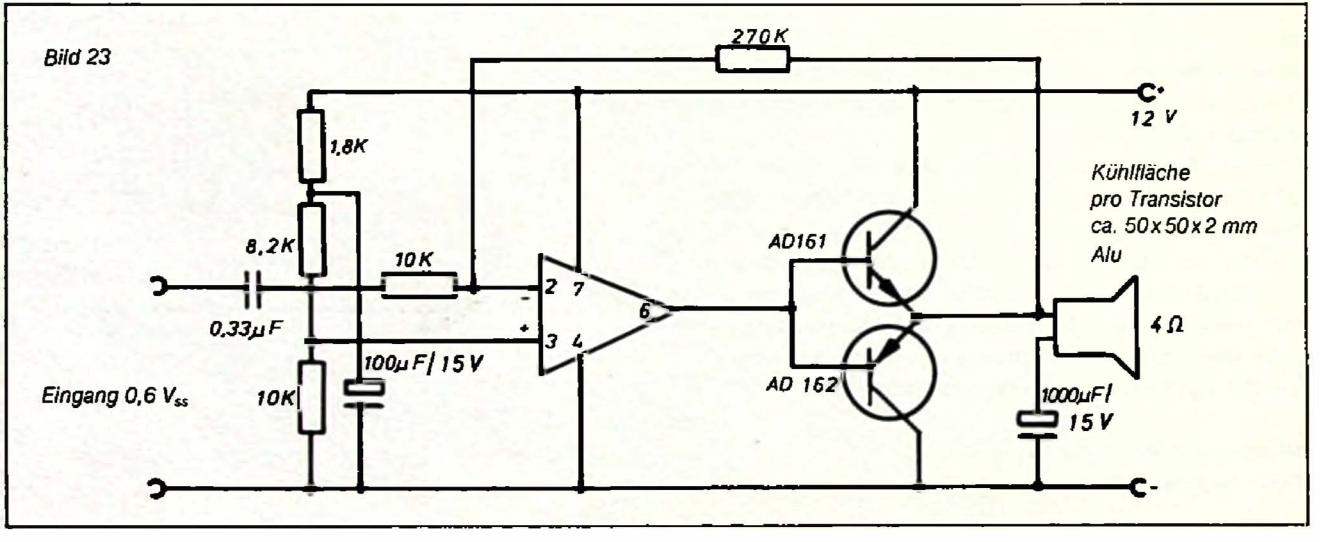


Bild 23

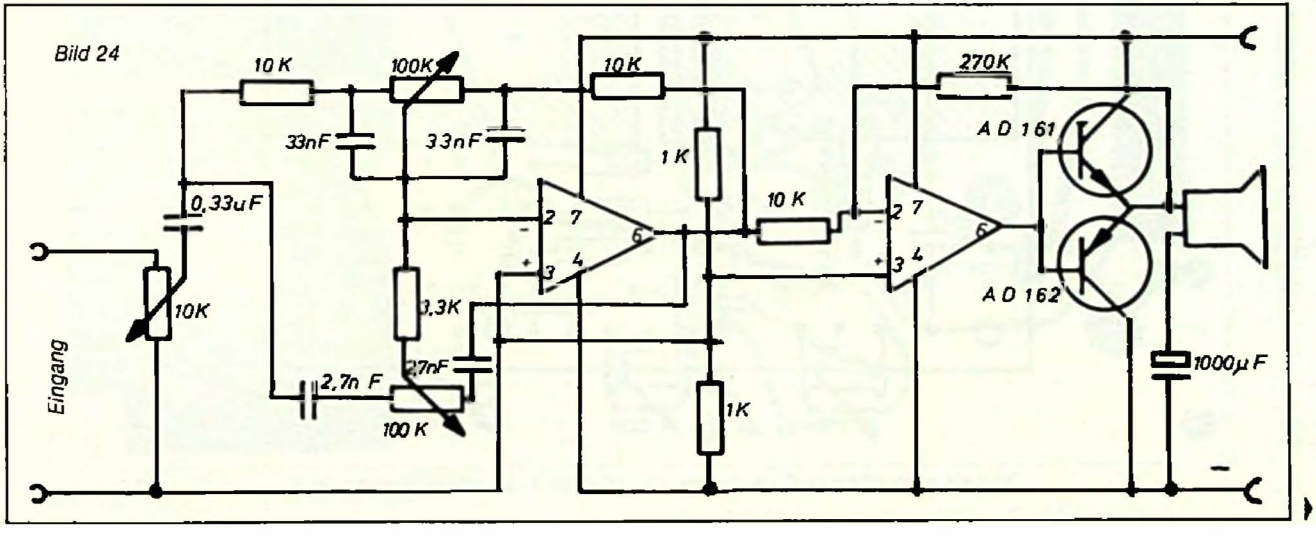
## Hi-Fi-Verstärker, 12 Watt

Eine Zusammenfassung der Schaltung Nr. 20 und Nr. 23 ist in Schaltung Nr. 24 gezeigt. Da in der Ruhe der gesamte Strom nur 10 mA beträgt, werden die Endtransistoren nicht warm. Die doppelseitig kupferkaschierte Platte genügt als Kühlkörper. Es ist nur darauf zu achten, daß die Transistoren guten Wärmekontakt mit der Platine haben. Wegen der starken Gegenkopplung hat der Verstärker eine hervorragende Klangqualität.

Betriebsspannungen von 6–24 Volt können lt. Tabelle ohne Veränderung des Verstärkers angewandt werden.

Technische Daten:

| | |
|---|---|
| Musikleistung bei | 6 Volt 2 Ohm: 3 Watt |
| | 12 Volt 2 Ohm: 6 Watt |
| | 24 Volt 4 Ohm: 12 Watt |
| Frequenzgang: | 5 Hz–30 kHz |
| Klirrfaktor: | 0,3% |
| Eingangsempfindlichkeit: | 0,5 Volt |



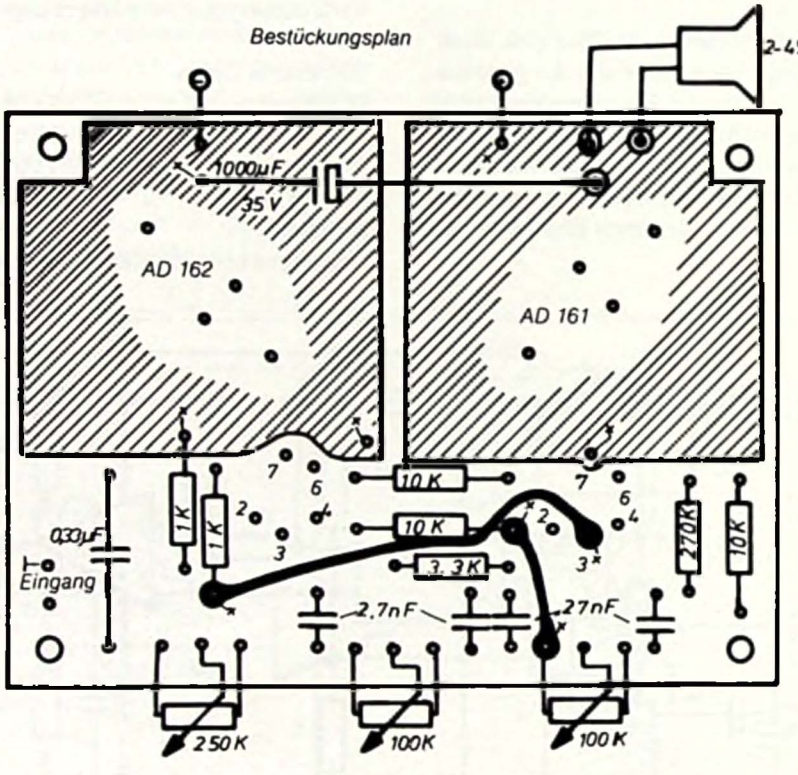



Bild 25

Doppelkupferkaschierte Epoxydplatte zum 15-W-Hi-Fi-Verstärker für 6 bis 24 V

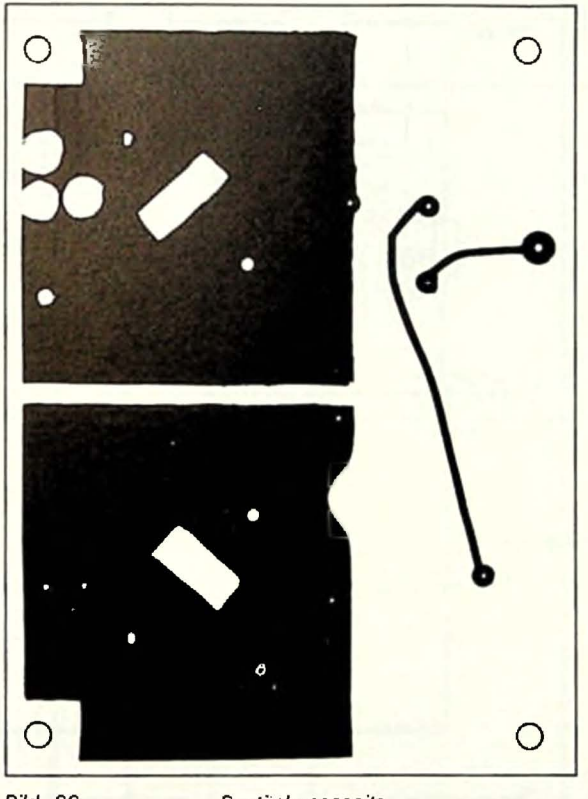
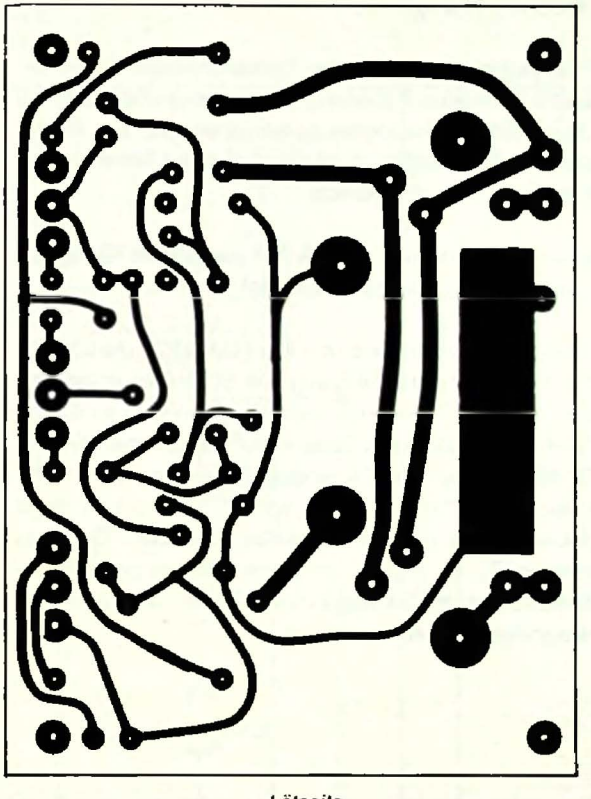


Bild 26 Bestückungsseite



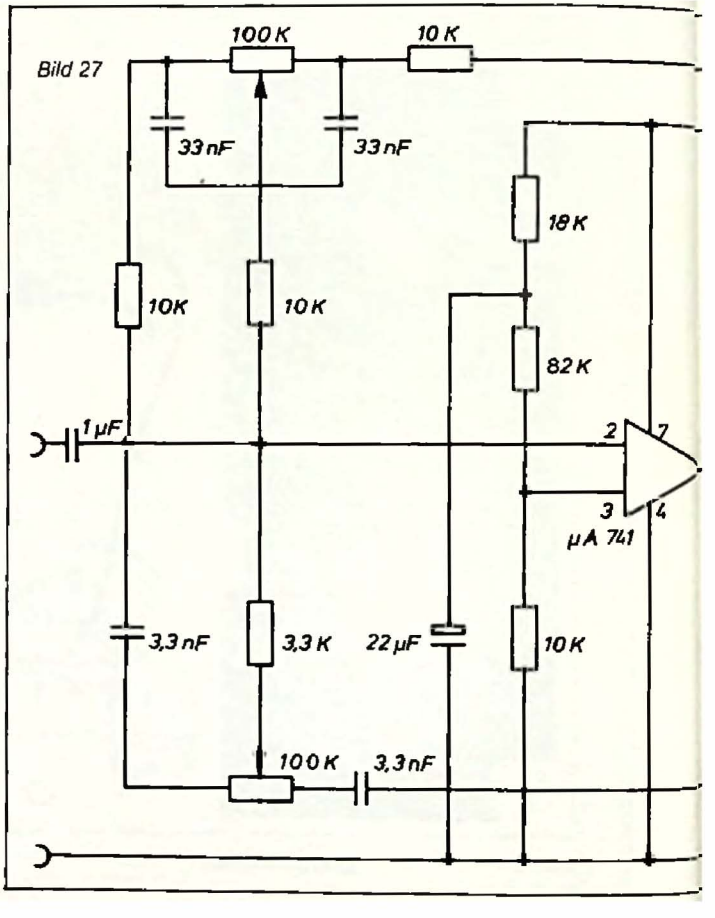
Lötseite

## Hi-Fi-Verstärker, 15 W, 12 V mit aktivem Klangfilter

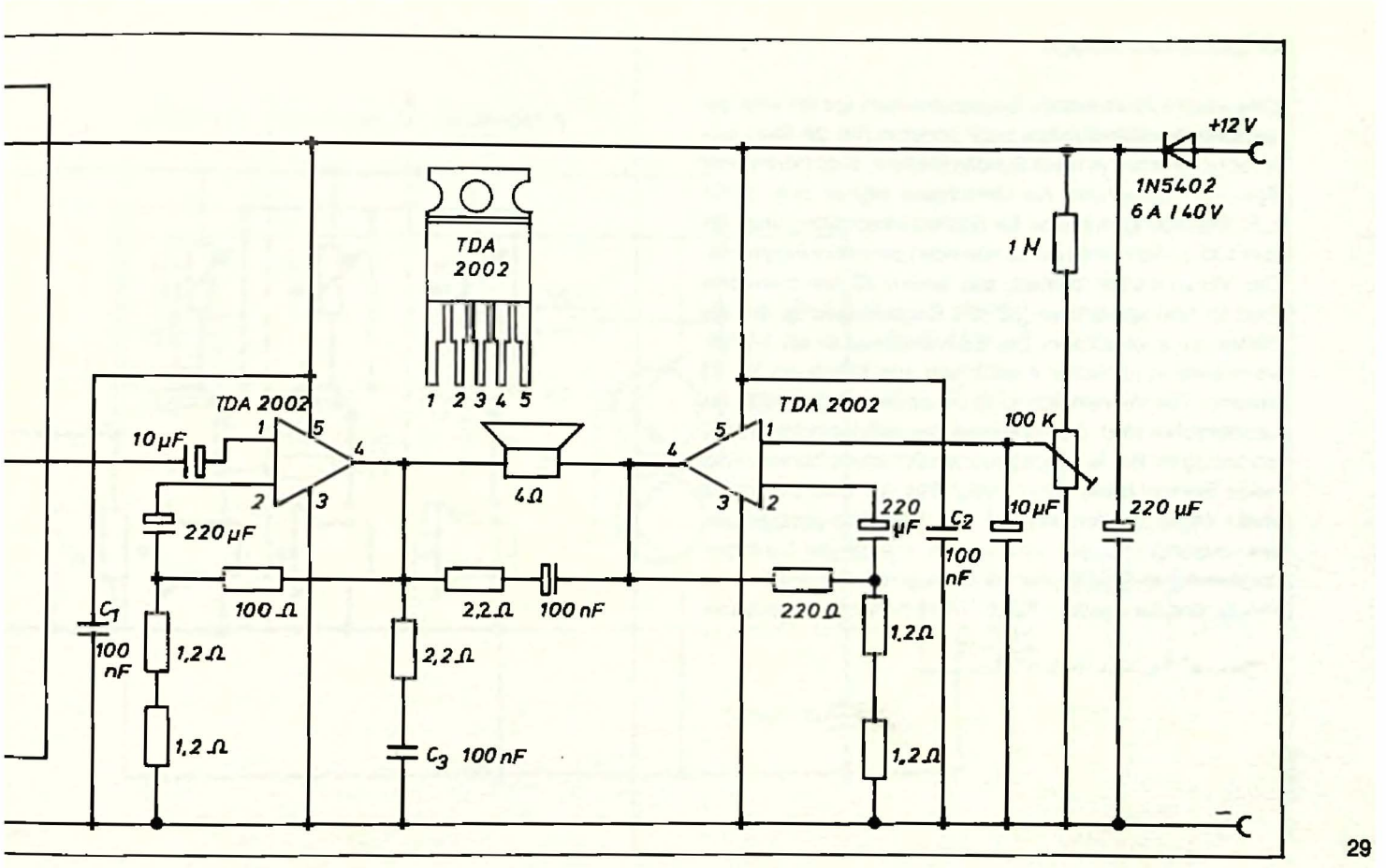
Für Sportveranstaltungen oder Versammlungen ist es erforderlich, Verstärker höherer Leistung von der Bordbatterie des Autos oder Motorbootes zu betreiben. Soll die 4fache Leistung erreicht werden, so sind bei gleicher Dimensionierung der Teile 24 V erforderlich.

In dieser Schaltung wird der $\mu$A 741 als aktives Klangfilter dem Brückenverstärker vorgeschaltet.

Der Verstärker besteht aus den ICs TDA 2002, die speziell für den Einsatz im Kraftfahrzeug von SGS-Ates entwickelt wurden. Mit dem Trimmer $P_1$ wird die Spannung zwischen den IC-Ausgängen (Anschlüsse 4) auf Null gestellt. Bei dieser Einstellung darf kein Eingangssignal anliegen. Zur Kühlung der Transistoren benötigt man 45 cm²–3 mm dicke Alubleche, die als U-Profil wenig Platz brauchen. Die Kondensatoren $C_1$, $C_2$ und $C_3$ sollten unmittelbar an den Anschlüssen 3 + 5 der ICs angebracht werden, um eventuelle Schwingneigungen zu verhindern.




(Brückenverstärker aus: Elektor Juli–August 1977)


+12 V
1N5402
6 A 140 V
1 M
TDA
2002
1 2 3 4 5
TDA 2002
10 µF
1
5
4
2
3
4Ω
TDA 2002
5
1
4
3
2
100 K
220 µF
220 µF
C2
100 nF
10 µF
220 µF
100 Ω
2,2Ω
100 nF
220Ω
C1
100 nF
1,2Ω
1,2Ω
2,2Ω
C3 100 nF
1,2Ω
1,2Ω
−

## Gegensprechanlage

Eine leicht aufzubauende Gegensprechanlage mit sehr guter Sprachverständlichkeit zeigt Schaltung Nr. 28. Die Lautsprecher werden je nach Schalterstellung zum Hören oder Sprechen verwendet. Als Umschalter eignen sich hierfür z. B. Betätigungskontakte für Starkstromschaltschütze. Mit den 100-Ω-Potis wird die zu hörende Lautstärke eingestellt. Der Vorverstärker besteht aus einem IC mit ohmscher (390 Ω) und kapazitiver (33 nF) Gegenkopplung, um die Höhen zu unterdrücken. Der Endverstärker ist als 3-Watt-Verstärker in ähnlicher Ausführung aus Schaltung Nr. 23 bekannt. Die Verständigung ist um so besser, je größer die Lautsprecher sind. Der Durchmesser sollte mindestens 10 cm betragen. Bei der angegebenen Schaltung hören immer beide Sprechstellen gleichzeitig. Soll nur eine bestimmte Stelle angesprochen werden, so ist für jede Sprechstelle eine besondere Taste vorzusehen, mit der die Lautsprecherleitung des Angesprochenen eingeschaltet wird.
Hierfür sind dann jedoch Kabel mit mehr Adern zu verlegen.

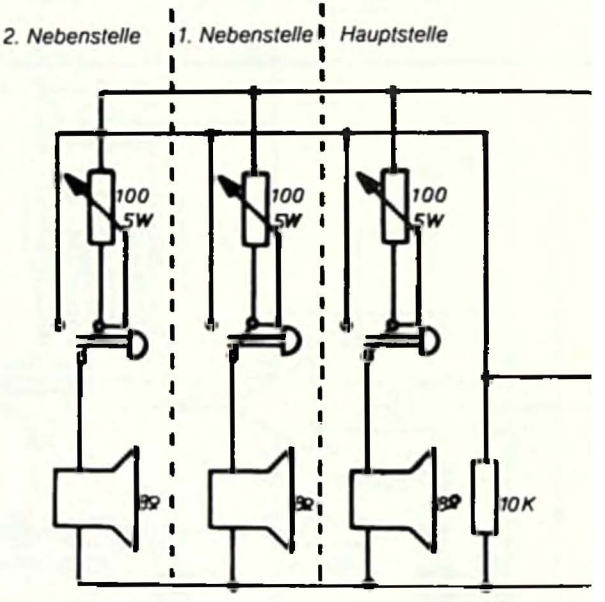
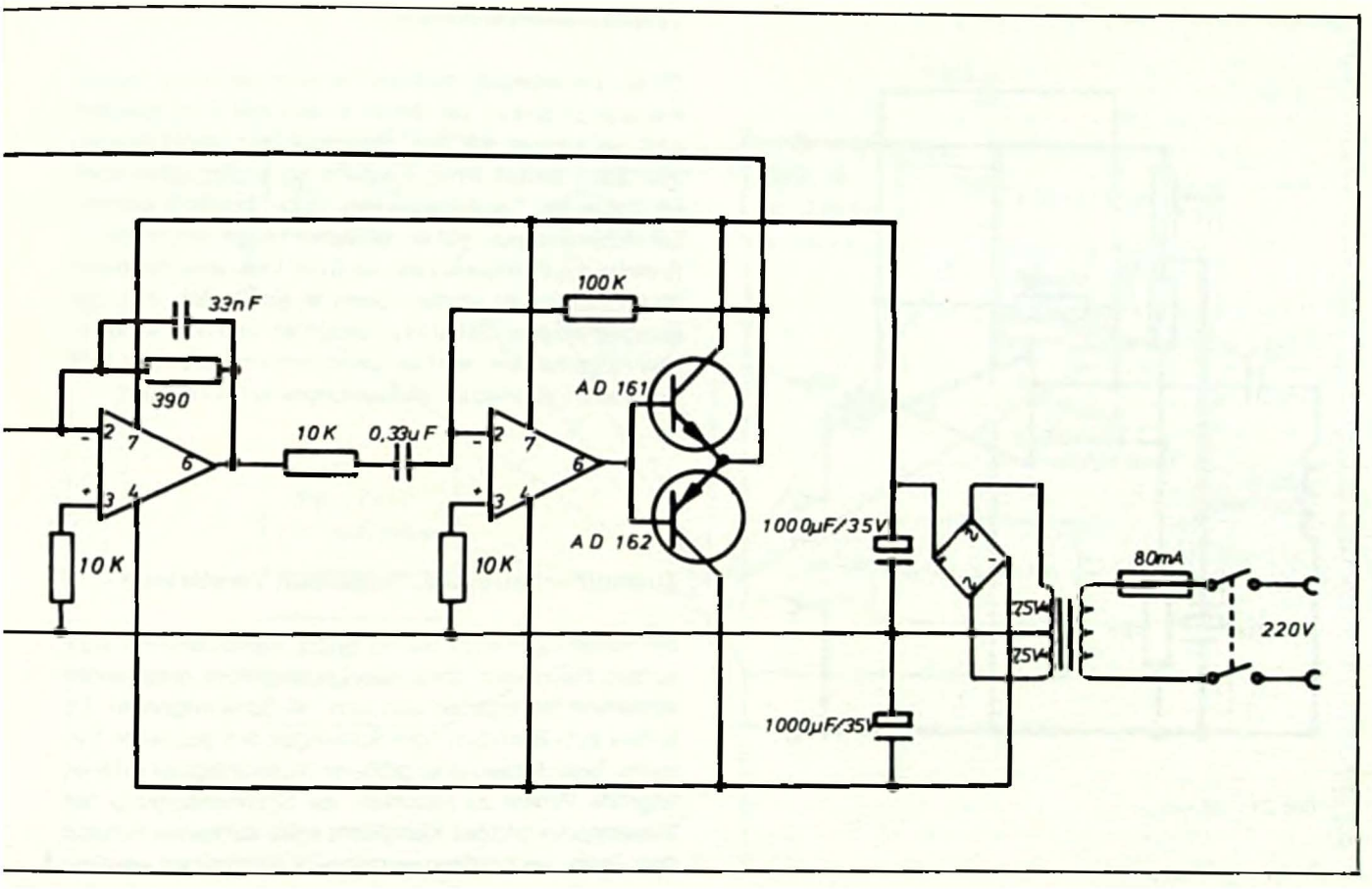



Bild 28


33nF
390
10K
0,33uF
100K
AD 161
AD 162
10K
10K
1000µF/35V
1000µF/35V
80mA
25V
25V
220V

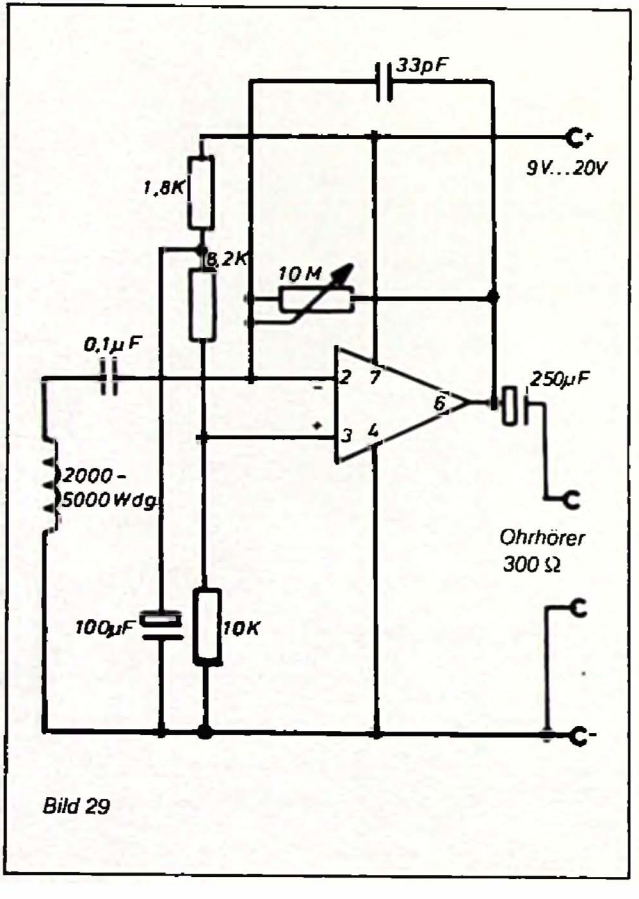



Bild 29

## Telefonabhörverstärker

Oft ist es erforderlich, mehrere Personen an einem Telefon mithören zu lassen. Da direkte Anschlüsse nicht gestattet sind, so können mit dem nebenstehend beschriebenen Verstärker mittels einer Induktionsspule die schwachen Kraftfelder des Telefonapparates hörbar gemacht werden. Die Induktionsspule gibt es mit Gummisauger im Handel. Anstelle des Ohrhörers kann auch der Verstärker nach Bild 23 angeschlossen werden. Dann ist ein Betrieb mit Lautsprecher möglich. Dabei ist zu beachten, daß der Lautsprecher möglichst weit vom Fernsprecherhörer entfernt ist, weil es sonst zu akustischen Mitkopplungen kommen kann.

## Zusammenbau eines kompletten Verstärkers

Die Schaltungen nach Bild 16 bis 27 funktionieren im Versuchsaufbau einwandfrei. Werden sie jedoch miteinander kombiniert, so ergeben sich sehr oft Schwierigkeiten. Es kommt zum Brummen oder Schwingen des gesamten Systems. Beim Aufbau einer größeren Musikanlage sind daher folgende Punkte zu beachten: die Stromversorgung der Vorverstärker und des Klangfilters sollte auf keinen Fall aus dem Trafo des Leistungsverstärkers entnommen werden.

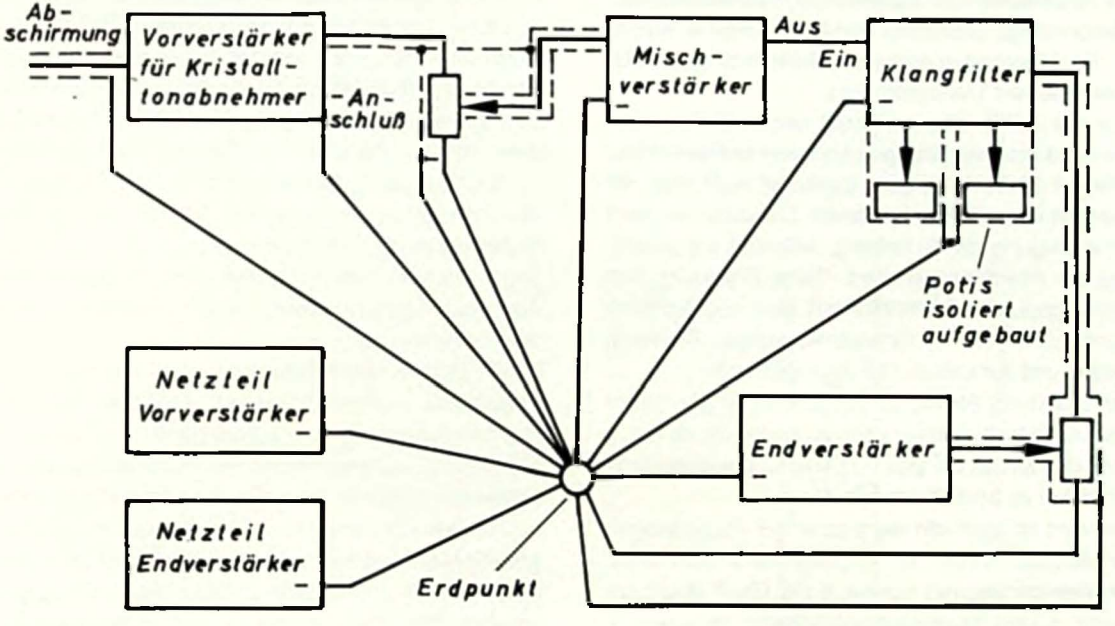

Ab-
schirmung
Vorverstärker
für Kristall-
tonabnehmer
-An-
schluß
Misch-
verstärker
Aus
Ein
Klangfilter
Potis
isoliert
aufgebaut
Netzteil
Vorverstärker
Netzteil
Endverstärker
Endverstärker
Erdpunkt

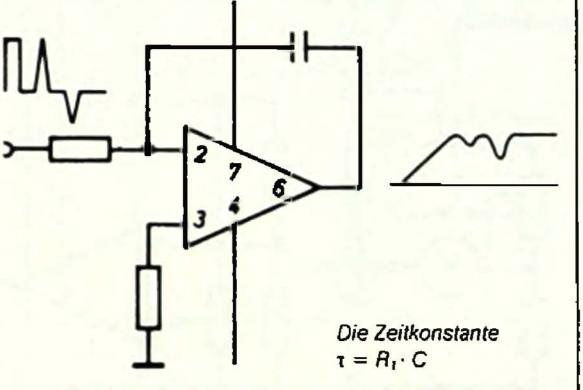
Bild 30

Die Spannungsschwankungen in den Vorverstärkern und das gesamte System fängt an zu schwingen.
Fortgeschrittene Amateure werden einwenden, man könne dies durch Stabilisieren der Spannungen verhindern. Dies ist zweifelsfrei richtig; doch steht der Aufwand für eine ausreichende Stabilisierung in keinem Verhältnis zu dem Preis eines zweiten kleinen Transformators.
Mindestens die Hälfte aller zunächst unerklärlichen Verkopplungen und Brummstörungen kommen auf das Konto falsch verlegter Masseleitungen. Zunächst muß man die Masseleitungen in zwei Arten aufteilen. Die erste Art dient der Stromversorgung der Schaltung, während die andere zur Erdung der Abschirmung dient. Diese Erdleitung darf nur am Erdungspunkt angeschlossen sein, mit anderen Erdleitungen außer am Erdungspunkt keinen leitenden Kontakt haben und auf keinen Fall Strom führen.
Führt eine Erdleitung Strom, so entsteht in ihr ein Spannungsabfall. Auch wenn dieser noch so gering ist, so reicht er doch aus, um den an die gleiche Erdleitung angeschlossenen Verstärker zu beeinflussen.
Empfehlenswert ist auch die Verlegung der Plusleitungen nach dem gleichen Prinzip. Es empfiehlt sich dann noch, kleine Tantalkondensatoren von ca. 5 bis 10 $\mu$F direkt am Vorverstärker an die Versorgungsspannung zwischen + und − zu legen. Daß die Erdleitungen aus isoliertem Draht mit mindestens 0,5 mm Durchmesser ausgeführt werden müssen, versteht sich von selbst. Sollte man eine Platine für das gesamte Projekt entwerfen, so gilt auch hier, daß alle Erdleitungen getrennt zu einem gemeinsamen Erdpunkt laufen müssen.
Sehr beliebt sind heute Transformatoren, die direkt in die Platine eingelötet werden. Bei größeren Trafos reicht die mechanische Festigkeit der Lötstifte nicht aus, um den Trafo zu halten. Dann werden Schrauben durch Trafo und Platine gezogen und der Trafo sitzt unverrückbar fest. Diese Schrauben müssen auf jeden Fall isoliert in der Platine angebracht sein, da sonst der Eisenkern eine Spannung von $^1/_2$ Windung des Trafos liefern kann. Dies kann bis zu 0,5 V Brummspannung ausmachen. Wollen Sie den Kern des Trafos erden, so muß die Erdung nur mit einer Schraube erfolgen und die Erdleitung darf nur zum gemeinsamen Erdungspunkt geführt werden und für andere Zwecke nicht verwendet werden.
Große Schwierigkeiten können auch auftreten, wenn Metallgehäuse verwendet werden. Zunächst glaubt man, die Brummeinstreuung von außen durch Verwendung dieser Gehäuse zu reduzieren und muß dann feststellen, daß das fertige Gerät nicht zufriedenstellend arbeitet. Das hat mehrere Gründe. Der Transformator induziert im geschlossenen Metallgehäuse durch seine magnetische Streuung einen Strom, der in den Abschirmungen wiederum Spannungen erzeugt. Alle Potis und Anschlußbuchsen müssen isoliert aufgebaut werden.
Aus diesen Gründen ist es besser, ein Holzgehäuse oder Kunststoff zu verwenden und empfindliche Vorverstärker einzeln abzuschirmen.

## Integrator

Integrieren heißt zusammenfassen. Bei vielen Steuer- und Regelschaltungen ist es erforderlich, den Mittelwert von elektrischen Impulsen verschiedenster Form zu erhalten. Schon bei einem Wechselspannungsvoltmeter wird die effektive, d. h. Mittelspannung vom Instrument angezeigt, weil der Zeiger eine Trägheit besitzt und er deshalb den Augenblickswerten bei entsprechenden Frequenzen nicht mehr folgen kann. Bei sehr niedrigen Frequenzen kann man jedoch beobachten, daß der Zeiger sich im Rhythmus der Frequenz bewegt. Eine genaue Ablesung ist dann nicht mehr möglich.

Richtet man die Spannung mit Dioden gleich und schaltet man einen Kondensator parallel zum Instrument, so integriert man die Impulse zu einer Gleichspannung, die dann dem Mittelwert der Effektivspannung entspricht. Dies ist die älteste Art des Integrators. Viel wirkungsvoller ist eine Schaltung mit einem Operationsverstärker, da der Eingang hochohmig und der Ausgang von der Belastung weitgehend unabhängig ist. Über den Widerstand $R_1$ kommt das Signal, das integriert werden soll, auf den Eingang 2. Dieser wird nun negativ oder positiv je nach Beschaffenheit des Signals. Der Verstärker invertiert das Signal und gibt es invertiert, d. h. mit umgekehrter Polarität wie das Eingangssignal über den Kondensator auf den Eingang und hebt somit das Eingangssignal zum großen Teil auf. Ein Teil wird jedoch im Kondensator gespeichert und wirkt sich als Spannungsänderung am Ausgang aus. Der nächste Impuls kann nun je nach Polarität die Spannung positiver oder negativer werden lassen. Jedoch nicht so kraß wie das Eingangssignal, sondern immer eben integriert, d. h. steile kurze Signale mit hoher Amplitude werden in flache, zeitlich lange Signale sehr niedriger Amplitude umgewandelt.




*Die Zeitkonstante*
$\tau = R_1 \cdot C$

*Bild 31*

## Brückenschaltung

Schon vor über 100 Jahren war die Brückenschaltung bekannt, die als Widerstandsmeßbrücke oder Wheatstonesche Brücke bekannt ist. Die Versorgungsspannung spielt hierbei keine Rolle. Es kommt nur auf die Verhältnisse der Widerstände zueinander und somit der Spannungsteiler des einen und des anderen Zweiges an, die dann miteinander verglichen werden. Da nun die Operationsverstärker eine sehr hohe Eingangsempfindlichkeit gegenüber differenten Spannungen besitzen, liegt es nahe, diese Eigenschaft zur Verbesserung der Wheatstoneschen Brücke zu verwenden.

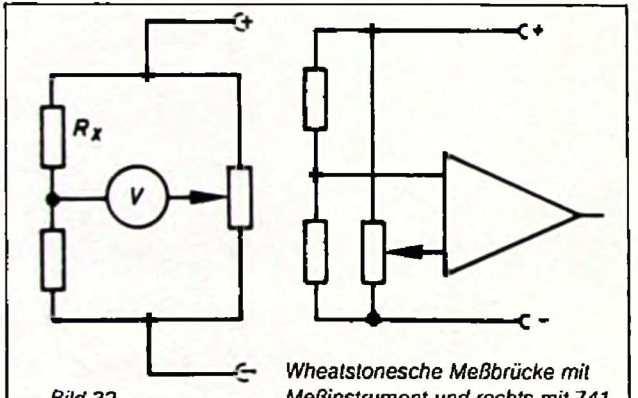



*Bild 32* *Wheatstonesche Meßbrücke mit Meßinstrument und rechts mit 741*

## Wienbrücke mit IC

Zur Erzeugung von sinusförmigem Wechselstrom regelbarer Frequenz sind Wienbrücken schon seit langem bekannt. Mit dem IC läßt sich die Schaltung einfach aufbauen. Etwas kritisch ist die Abstimmung des Trimmers $R_s$ und die Stabilisierung der Versorgungsspannung. Hierfür ist die Stabilisierung nach Bild 84 geeignet, die mit integrierten Spannungsstabilisatoren hoher Güte arbeitet. An den Ausgang des ersten IC ist ein Oszillograf anzuschließen, mit dessen Hilfe der Trimmer so eingestellt wird, daß am Ausgang sinusförmige Wechselspannung erscheint. Die Belastung muß gleichbleibend sein. So ist es erforderlich, einen Verstärker an den Ausgang zu schalten. Wird die Gegenkopplung des nachfolgenden Verstärkers statt null Ohm auf einen höheren Wert gebracht, so erscheint zunächst Sinusspannung, dann trapezförmige Spannung und bei weiterer Vergrößerung eine Rechteckspannung.
Der erreichbare Frequenzbereich beträgt ca. 0,3 bis 50000 Hz und ist sehr gut zum Prüfen des Frequenzverhaltens von Hi-Fi-Verstärkern und -Klangfiltern geeignet.

Wesentlich besser als mit dem 741 arbeitet die Wienbrücke mit dem FET IC LF 357.
Hierbei können bei guter Abstimmung bis 3 MHz erreicht werden.

| $C_1$ $C_2$ | max. | min. |
|---|---|---|
| 100 pF | 50 kHz | 5 kHz |
| 1 nF | 15 kHz | 500 Hz |
| 10 nF | 1,5 kHz | 60 Hz |
| 100 nF | 150 Hz | 7 Hz |
| 1 µF | 15 Hz | 0,5 Hz |

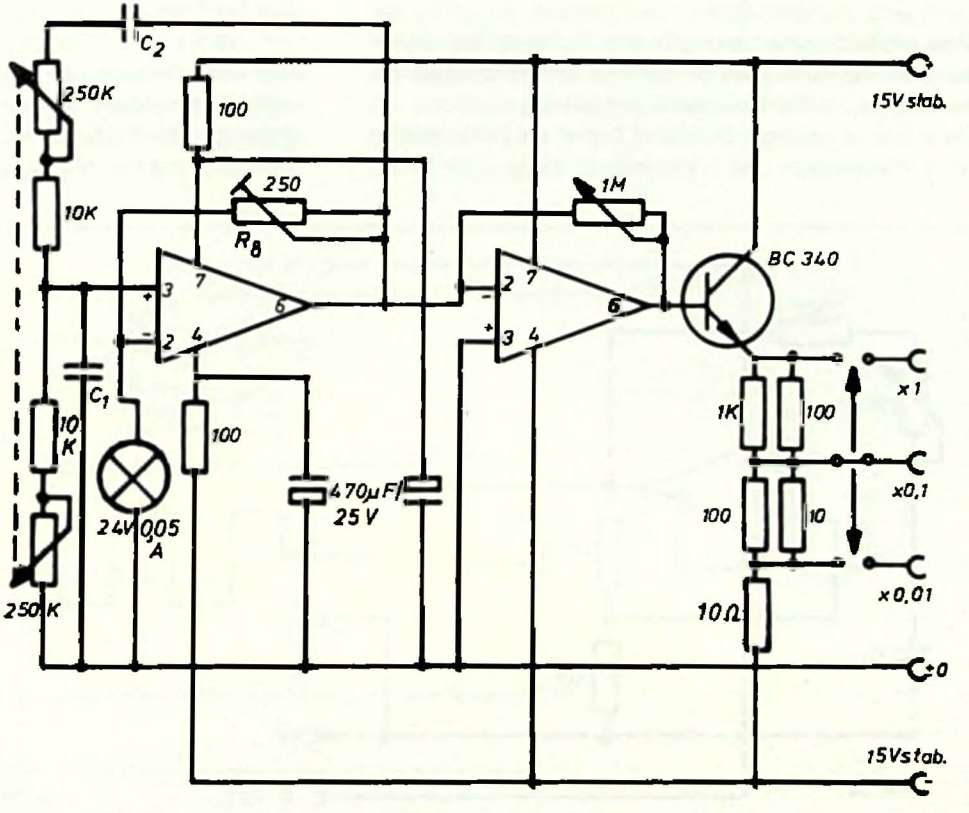



Bild 33

## Multivibrator für symmetrisches Rechteck

Viele Multivibratorschaltungen sind bekannt, bei denen durch allerlei Kunstgriffe ein symmetrisches Rechteck mit steilen Umschaltflanken erreicht werden soll.
Die in Bild 34 gezeigte Schaltung besitzt als Zeitkonstante nur 1 Kondensator und 1 Widerstand. Wegen der hohen Verstärkung des Bausteins sind die Umschaltflanken sehr steil. Die Frequenz wird grob durch Ändern des Kondensators und fein durch Einstellen des 2,5-MΩ-Potis reguliert. Maximaler Frequenzbereich von 0,1 bis 20000 Hz. Die Ausgangsamplitude beträgt ca. 80% bei Versorgungsspannung, die Flankensteilheit 30 µsec bei ± 15 V und 10 µsec bei ± 5 V Versorgungsspannung.

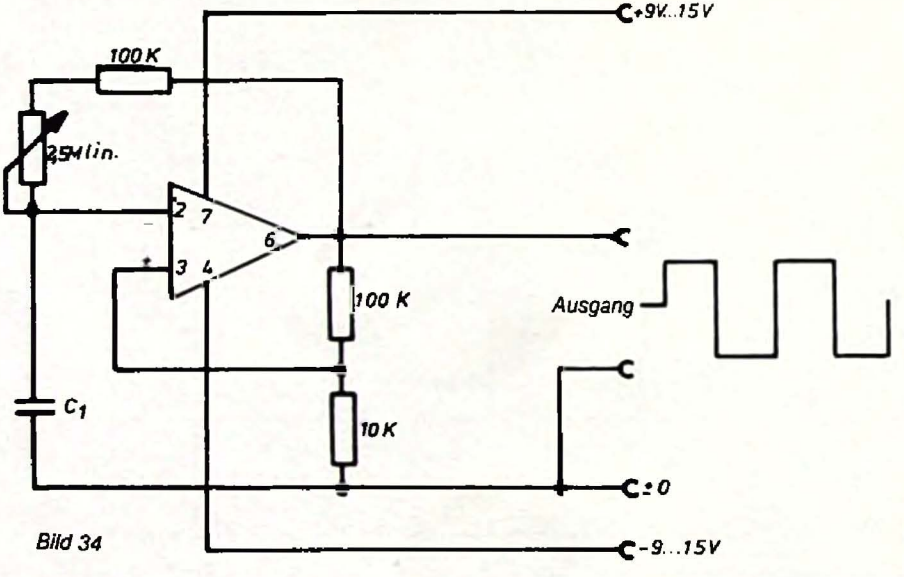
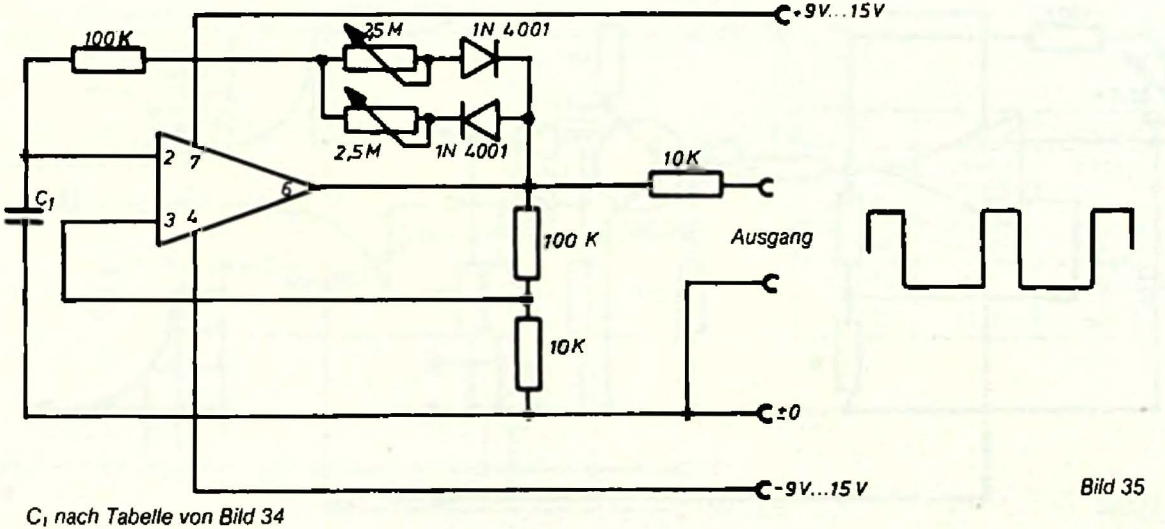



Bild 34

| $C_1$ | min. | max. |
|---|---|---|
| 100 pF | 5 kHz | 20 kHz |
| 1 nF | 500 Hz | 8 kHz |
| 10 nF | 100 Hz | 2,5 kHz |
| 0,1 µF | 10 Hz | 270 Hz |
| 1 µF | 1 Hz | 27 Hz |

## Multivibrator für unsymmetrisches Rechteck

Schaltung 34 liefert ein symmetrisches Rechteck. Für viele Zwecke benötigt man jedoch ein unterschiedliches Pausen-Arbeitsverhältnis. Die Schaltung 35 ist bis auf den 5-MΩ-Trimmer in der Gegenkopplung genauso aufzubauen wie in Bild 34. Anstelle des 2,5-MΩ-Trimmers oder Poti's werden 2 Widerstände oder Potis nach Bild 35 mit Dioden in Reihe geschaltet. Damit erreicht man verschiedene Auflade- und Entladezeiten bei unterschiedlichen Widerstandswerten.



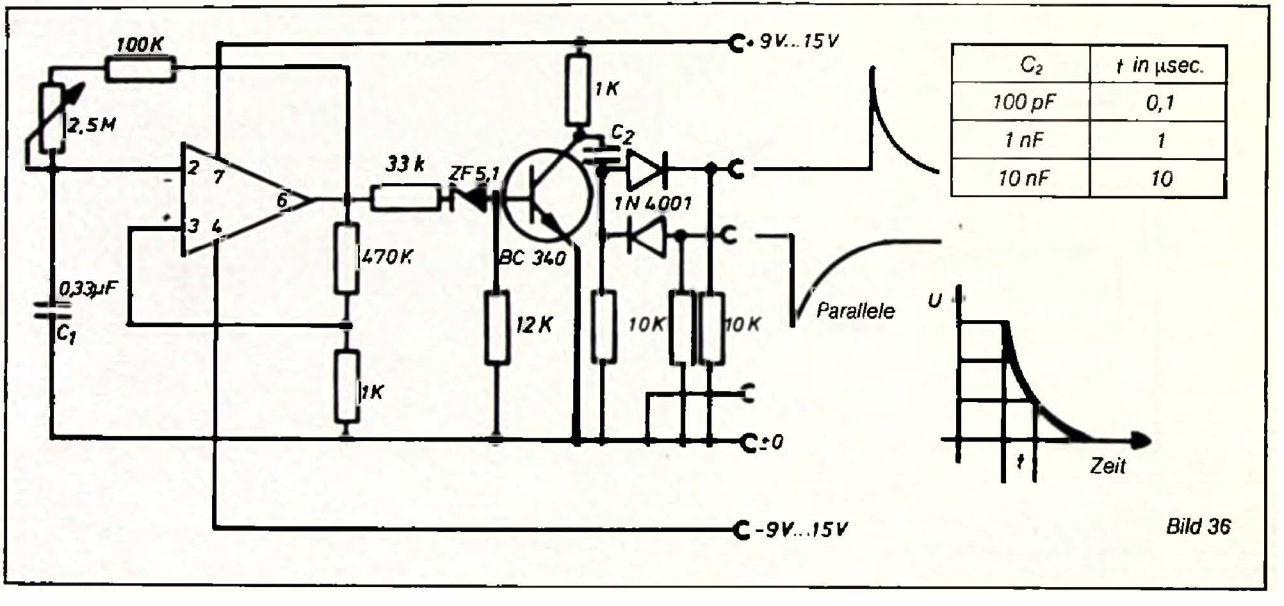

$C_1$ nach Tabelle von Bild 34

Bild 35

## Nadelimpulsgenerator für negative und positive Impulse

Viele Versuche mit modernen Bauelementen erfordern einen Nadelimpulsgenerator, dem positive oder negative Impulse entnommen werden können. Der nach Schaltung 35 beschriebene Multivibrator wird hier zur Erzeugung von Rechteckimpulsen verwendet. Diese werden dann differenziert und durch die Dioden in negative und positive Impulse aufgeteilt.

Die Z-Diode zum Transistor ist unbedingt erforderlich, da die vom 741 gelieferte Flankensteilheit nicht ausreicht, um Bausteine der 74er Serie zu schalten. Zur Spannungsbegrenzung der Impulse ist für die 74er Serie eine Z-Diode von 4,7 bis 5,1 V parallel zu den Ausgängen zu schalten, um die Spannung zu begrenzen.

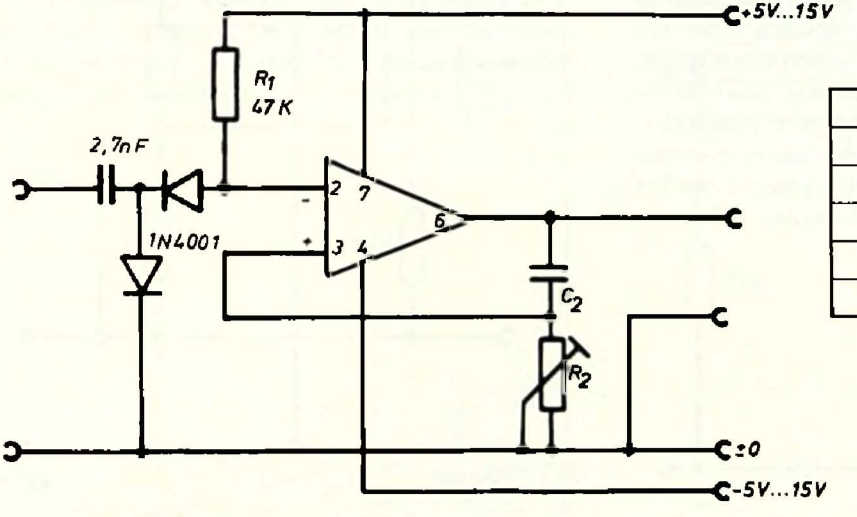



| $C_2$ | t in µsec. |
|---|---|
| 100 pF | 0,1 |
| 1 nF | 1 |
| 10 nF | 10 |

Bild 36

## Monostabile Kippstufe

Gelangt ein Impuls an den Eingang, so schaltet die negative Flanke des Impulses den Ausgang des IC auf positives Potential. Der Kondensator $C_2$ leitet einen Strom zum nichtinvertierenden Eingang 3, so daß auch nach Abklingen des Eingangsimpulses der Ausgang positiv bleibt, bis der Kondensator $C_2$ geladen ist. Dann fließt kein Strom mehr über $C_2$, und Eingang 3 liegt über Widerstand $R_2$ an ± 0.
Da Eingang 2 über $R_1$ jetzt positiver als 3 ist, kippt die Schaltung wieder am Ausgang auf negatives Potential zurück. Der Kondensator $C_2$ wird nun in entgegengesetzter Polarität geladen. Somit muß die Pausenzeit mindestens gleich der Arbeitszeit sein.




| $R_2$ | $C_2$ | t in msec. |
|---|---|---|
| 0,5 MΩ | 1 nF | 0,075 |
| 0,5 MΩ | 10 nF | 0,5 |
| 0,5 MΩ | 0,1 µF | 5 |
| 0,5 MΩ | 1 µF | 50 |
| 0,5 MΩ | 10 µF | 500 |

Bild 37

## Flip-Flop mit IC 741

Flip-Flops oder bistabile Kippstufen gibt es in großer Auswahl auch als integrierte Schaltungen. Die nebenstehende Schaltung hat jedoch einige Eigenschaften, die mit anderen Schaltungen nicht so ohne weiteren Aufwand erreicht werden können. Wird auf den Eingang ein negativer Impuls gegeben, so kippt der Ausgang auf positives Potential. Ein zweiter und weiterer Impuls kippt den Ausgang auf negatives Potential. Weil die Schaltung nur auf entsprechend gepolte Impulse reagiert, können sehr störsichere Zustände realisiert werden. So eignet sich die Schaltung z. B. zum Abschalten des Sägezahngenerators in einem Oszillografen durch die negative Flanke des Sägezahnes. Das Wiedereinschalten erfolgt durch den Impuls des Y-Verstärkers. Soll die Polarität des Rückschaltimpulses geändert werden, so kann hierfür ein zweiter Eingang an Anschluß 3 des 741 mittels eines Kondensators geschaffen werden.

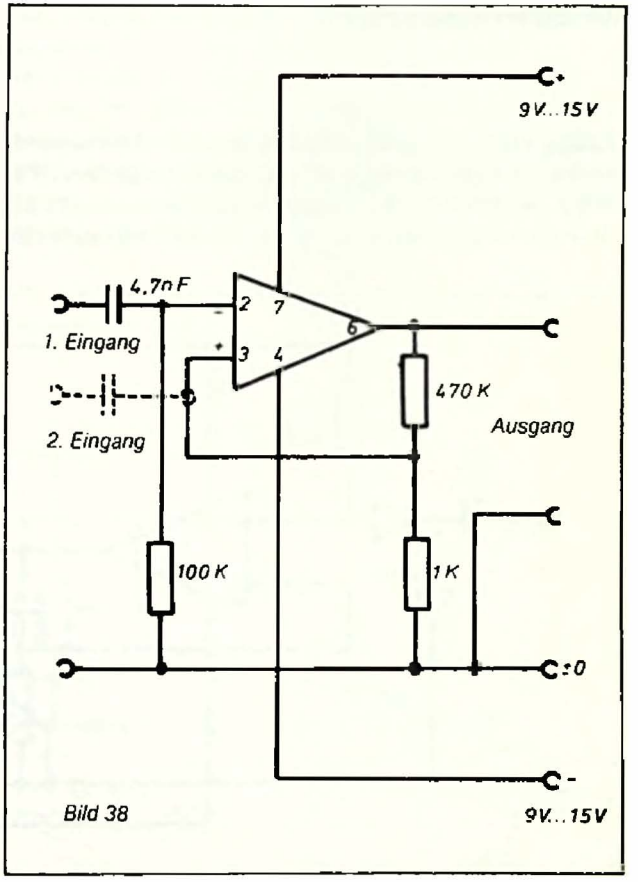



Bild 38

## Schmitt-Trigger

Bild 39 zeigt einen Schmitt-Trigger, der 2 Eingänge besitzt und je nach Eingang mit negativer oder positiver Eingangsspannung zum Schalten gebracht werden kann. Ob die Schaltung am Ausgang negativ oder positiv ist, hängt davon ab, wie das Potential zwischen 2 und 3 ist. Ist 3 positiver, so schaltet der Ausgang auf positiv und verbleibt hier, bis 3 negativer als 2 wird, dann schaltet der Ausgang wieder auf negativ zurück. Die Mitkopplung, gebildet durch die Widerstände $R_4$, $R_5$ und $R_6$, verhindert, daß die Schaltung eine Zwischenstellung einnimmt. Mit ihnen kann man die Hysterese leicht bestimmen. Je größer $R_5$ im Widerstandswert gegenüber $R_6$ ist, desto kleiner ist die Hysterese und umgekehrt.

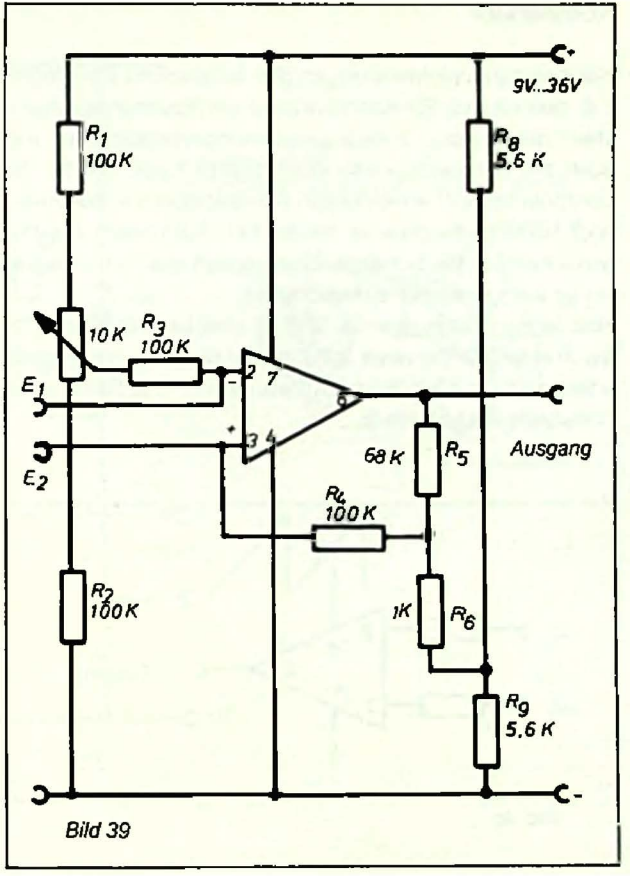



Bild 39

## Komparator

Für Komparatoranwendungen gibt es spezielle Bausteine, z. B. den $\mu$A 710. Ein Komparator ist ein Spannungsvergleicher, der je nach Eingangsspannungsverhältnissen wie auch der 741 nach positiv oder negativ kippt. Die für die Computertechnik entwickelten Komparatoren schalten jedoch wesentlich schneller als der 741. Für unsere Zwecke genügt jedoch die Schaltgeschwindigkeit des 741, und dieser ist auch einfacher zu beschaffen.
Sind beide Spannungen $U_1$ und $U_2$ absolut gleich, dann ist der Ausgang 0. Bei einer Differenz ist der Ausgang negativ oder positiv je nach Polarität zwischen 2 + 3. Siehe auch Wahrheitstabelle Seite 9.

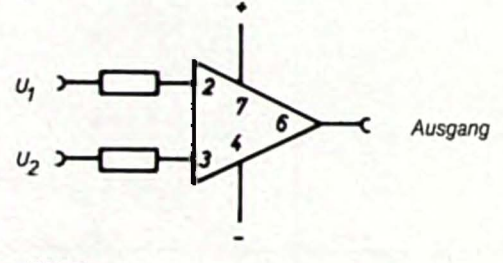



Bild 40

## Einfacher Analog-Digitalwandler

Digitale Meßinstrumente gewinnen immer mehr an Beliebtheit, sind jedoch für den Amateur oft zu teuer. Der Selbstbau eines elektronischen Zählers ist mit modernen ICs nicht mehr so aufwendig. Allerdings muß das analoge Signal, eine Gleichspannung, in Impulse umgewandelt werden.
Die Schaltung Nr. 41 zeigt einen einfachen Analog-Digitalwandler mit einer Genauigkeit von ca. 2%.
Die am Eingang liegende Spannung erzeugt am Ausgang 6 des 741 zunächst einen zeitlich verzögerten Anstieg, bis der programmierbare Unijunktionstransistor D 13 T 1 zündet, der den Kondensator 47 nF über der Gegenkopplung entlädt. Dadurch entsteht eine Sägezahnspannung unterschiedlicher Frequenz analog zur Eingangsspannung. Bei kurzgeschlossenem Eingang ist das Poti 50 k$\Omega$ so einzustellen, daß keine Impulse mehr erzeugt werden. Die Eichung auf z. B. 10000 Hz bei einem Volt erfolgt am Poti 10 k$\Omega$.
Sollte der Unijunktionstransistor nicht zu beschaffen sein, so kann dieser mit 2 komplementären Transistoren nachgebildet werden.
Da der Verstärker das Signal invertiert, so ist die Spannung am Eingang negativ gegenüber ± 0. Soll eine positive Spannung verarbeitet werden, so kann die Schaltung auch als PNP-Schaltung aufgebaut werden. Dies geht dann allerdings nur mit dem Unijunktion-Ersatz, der dann auch entgegengesetzt gepolt werden muß.

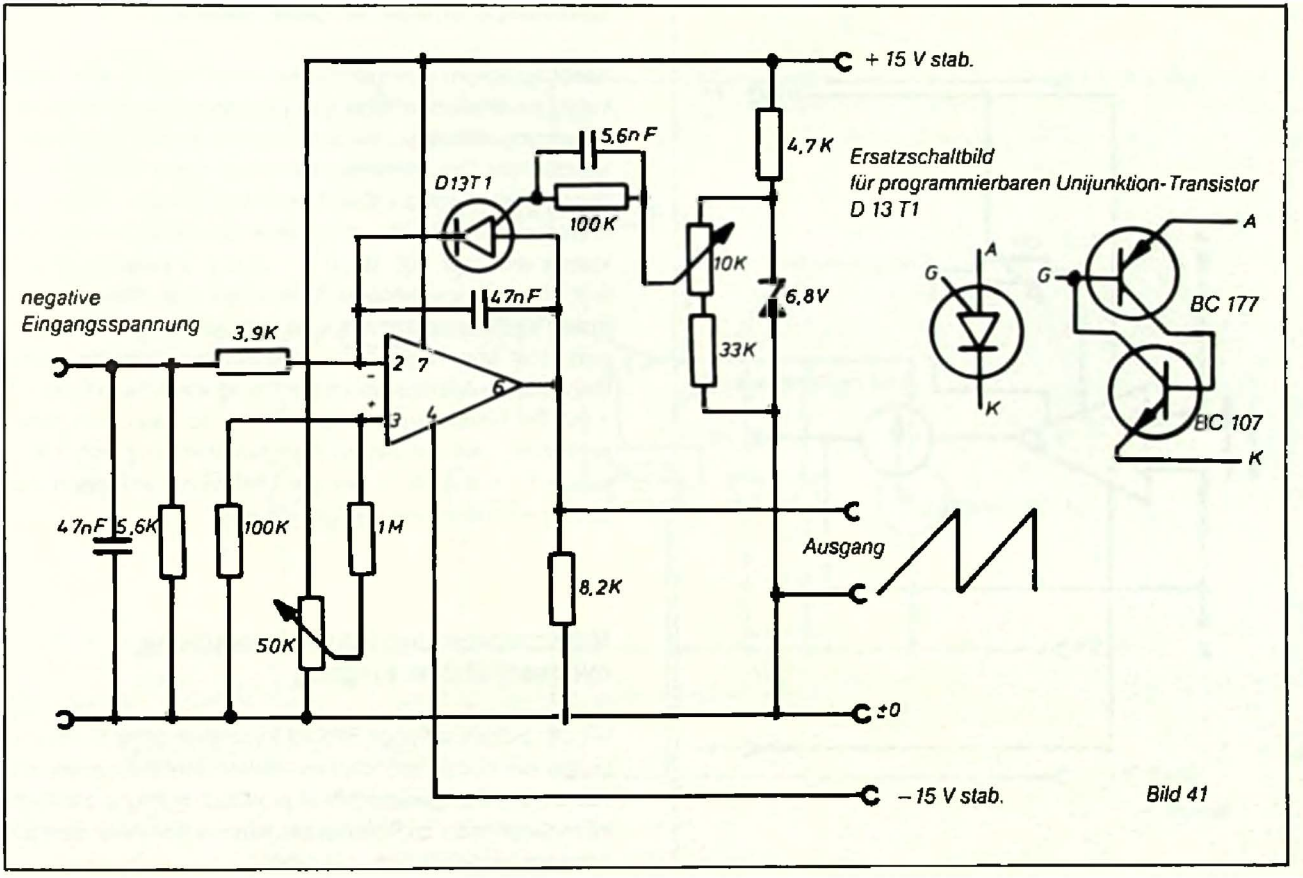

+ 15 V stab.
5,6n F
4,7 K
D13T1
100 K
10K
6,8V
47nF
33K
negative
Eingangsspannung
3,9K
2
7
6
3
4
47nF
5,6K
100K
1M
50K
8,2K
Ausgang
±0
– 15 V stab.
Ersatzschaltbild
für programmierbaren Unijunktion-Transistor
D 13 T1
A
G
K
BC 177
BC 107

Bild 41

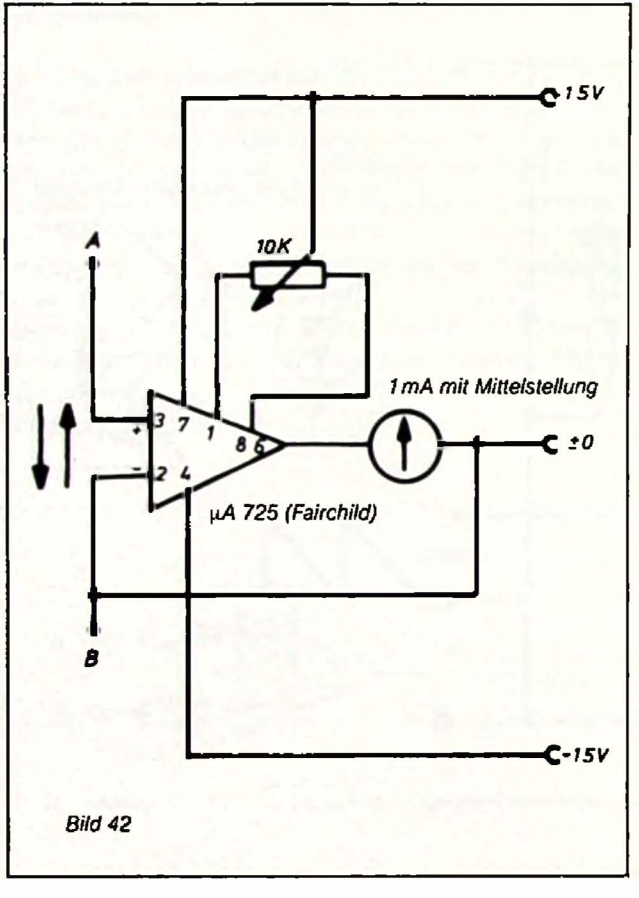



Bild 42

## Nanoamperemeter für Gleichstrom

Fließt ein Strom geringer Stärke von A nach B oder umgekehrt, so entsteht infolge des Eingangswiderstandes eine Spannungsdifferenz, die den Ausgang positiv bzw. negativ werden läßt. Das Meßinstrument zeigt somit Ströme im Nanoamperebereich an. Das Gerät wird geeicht, indem man mehrere Widerstände, die immer um eine Zehnerpotenz kleiner sind, z. B. 100 Ω, 10 Ω 1 Ω, 0,1 Ω zwischen 2 und 3 legt. Nun wird ein höherer Strom, den man mit einem normalen Meßinstrument erfassen kann, durch die Anordnung geschickt. Man beginnt zunächst mit dem kleinsten Widerstand. Ist die Anzeige bei einem Strom von A nach B bei z. B. 1 mA am Meßinstrument auch 1 mA, so kann man daraus schließen, daß bei einem Parallelwiderstand von 100 Ω schon 1 µA ausreicht, um am Meßinstrument einen Ausschlag entsprechend 1 mA zu erhalten.

## Millivoltmeter und Mikroamperemeter mit geschütztem Eingang

Mit der Schaltung nach Bild 43 kann man ohne Schwierigkeiten ein hochempfindliches Vielfachmeßinstrument aufbauen. Der Temperaturdrift ist praktisch Null und das Gerät ist im Gegensatz zu Röhrenvoltmetern sofort nach dem Einschalten betriebsbereit und stabil.

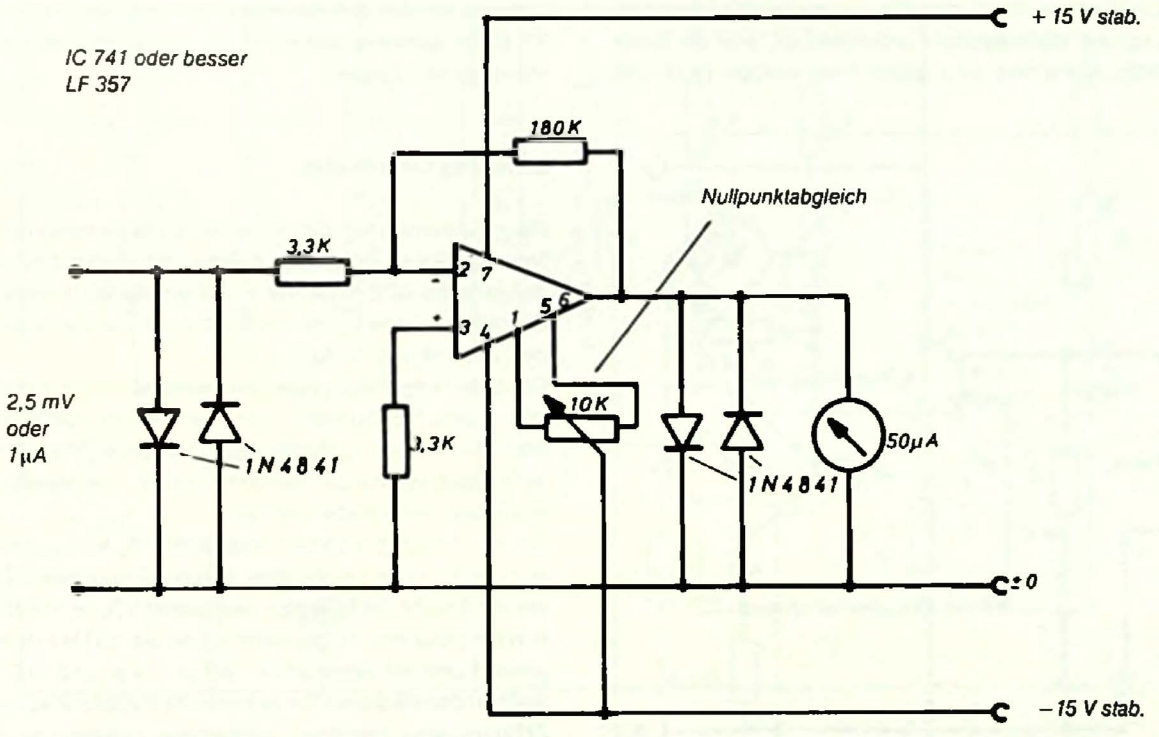

IC 741 oder besser
LF 357
+ 15 V stab.
180K
Nullpunktabgleich
3,3K
2 7
5,6
3 4
1
2,5 mV
oder
1µA
1N4841
3,3K
10K
1N4841
50µA
± 0
– 15 V stab.

Bild 43

## Wechselspannungsvoltmeter mit linearer Skala

Der Selbstbau von Vielfachmeßinstrumenten für Wechselspannung und Wechselstrom unterbleibt oft, weil die Skala des Meßinstrumentes neu gezeichnet werden muß und nicht linear ist. Die Schaltung 44 stellt jedoch einen idealen Gleichrichter dar, so daß die Skala völlig linear verläuft. Mit entsprechenden Schaltern ist es nun möglich, die Schaltung 43 zu kombinieren und somit ein wertvolles Vielfachinstrument selbst zu bauen.

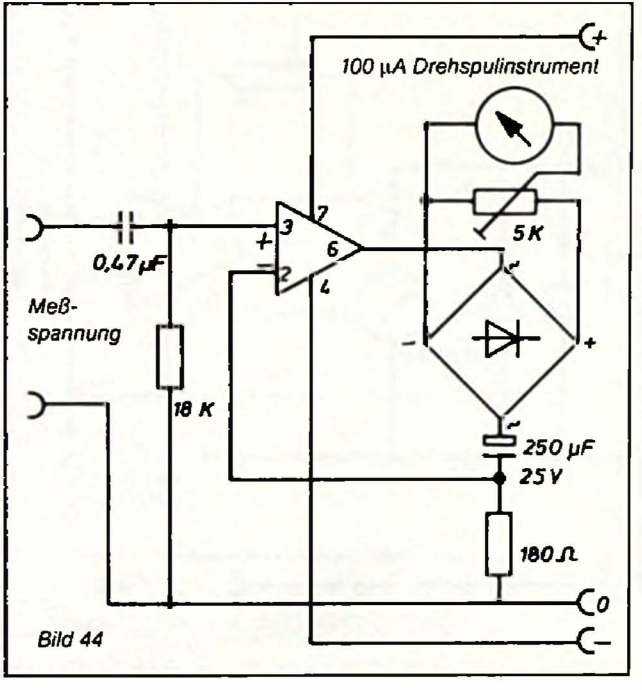



Bild 44

## Lineares Ohmmeter

Beim Selbstbau von Ohmmetern ist die Eichung der nichtlinearen Skala eine für den Amateur kaum durchzuführende Aufgabe. Es fehlt meistens an teuren Meßwiderständen mit der nötigen Genauigkeit von 0,5 bis 1% und die Arbeit erfordert viel Zeit und Geduld.

Die Schaltung 45 zeigt ein lineares Ohmmeter, bei dem jedes Vielfachinstrument oder der Analog-Digitalwandler nach Bild 41 mit nachfolgender Ziffernanzeige als Anzeigeinstrument verwendet werden können. Die Versorgungsspannung sollte stabilisiert sein.

Bei der Eichung wird der Widerstand $R_x$ kurzgeschlossen und das Poti $P_1$ so eingestellt, daß der Zeiger des Meßgerätes auf 0 steht. Im höchsten Meßbereich $R_x \geq 100\ M\Omega$ wird nun ein bekannter Widerstand mit 50 bis 100 M$\Omega$ 0,5% eingesetzt und mit Trimmer Tr.$_1$ auf je 1 V pro 10 M$\Omega$ eingestellt. In den nächsten Bereichen wird immer mit einem um 1 Zehnerpotenz kleineren Widerstand genauso verfahren, wobei jedesmal der Nullpunkt zu überprüfen und bei Bedarf zu korrigieren ist.

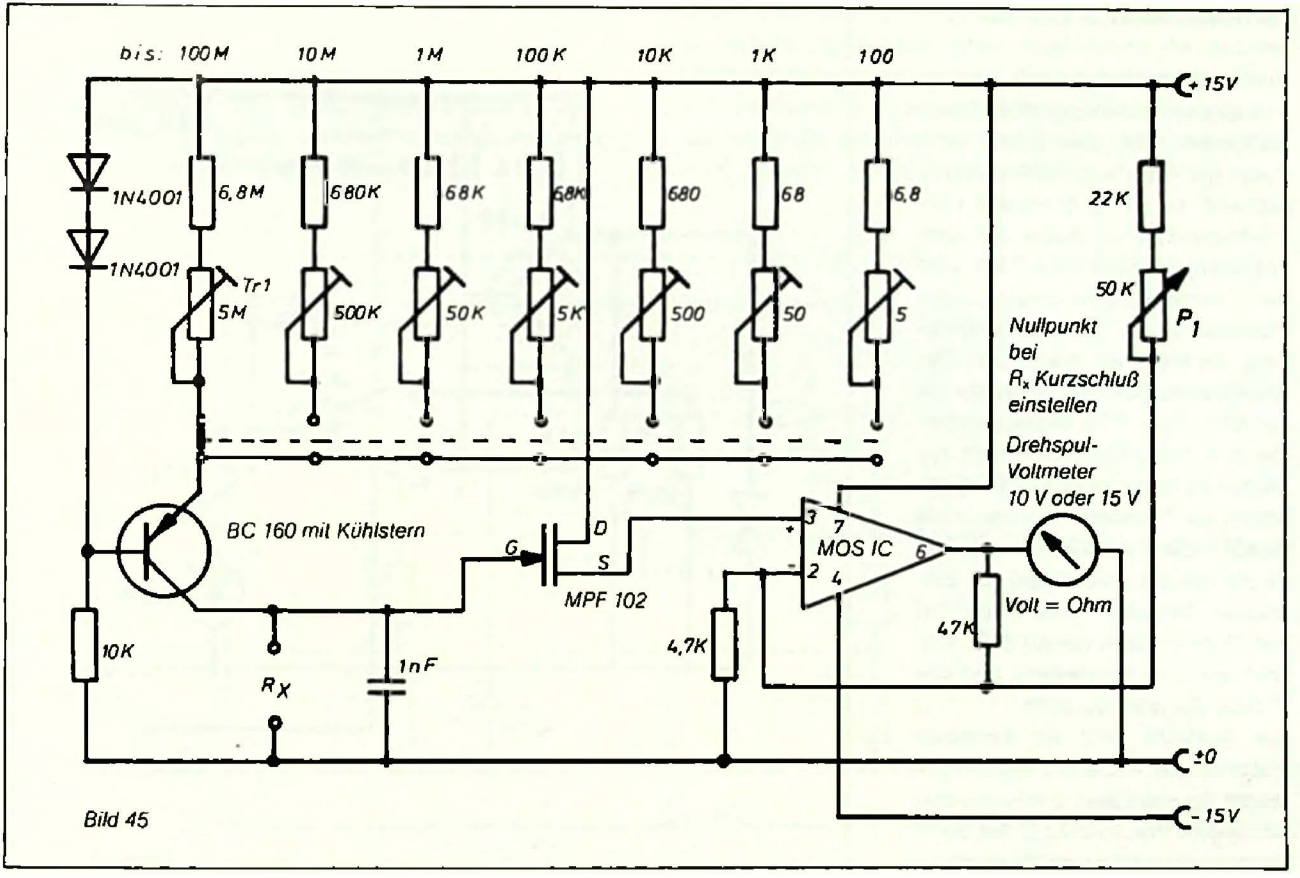

bis: 100M
10M
1M
100K
10K
1K
100
+15V
1N4001
1N4001
6,8M
680K
68K
6,8K
680
68
6,8
22K
Tr1
5M
500K
50K
5K
500
50
5
50K
P1
Nullpunkt
bei
Rx Kurzschluß
einstellen
Drehspul-
Voltmeter
10 V oder 15 V
BC 160 mit Kühlstern
G
D
S
MPF 102
MOS IC
3
7
2
4
6
Volt = Ohm
47K
4,7K
10K
Rx
1nF
±0
-15V

Bild 45

## Fernthermometer bis 150 °C

Im Prinzip handelt es sich hier um eine Brückenschaltung hoher Empfindlichkeit. Der eine Zweig wird durch das Poti »Nullpunkt« gebildet, während der zweite durch den 100-kΩ-Widerstand in Reihe mit dem Transistor gebildet wird. Hier. wird die Verstärkungsänderung des Transistors bei Temperaturänderung, die linear ist, ausgenutzt. Die Widerstandsänderung ist größer als bei NTC- oder PTC-Widerständen. Mit dem Poti »Nullpunkt« wird zunächst der Zeiger in Nullstellung gebracht, der Transistor ist hierzu in ein Reagenzglas zu stecken, das sich in einem kleinen Wasserbad mit Eisstücken befindet. Bekanntlich hat das Wasser dann genau 0 °C. Danach wird das Eis entfernt und das Wasser langsam erwärmt.

Zur Kontrolle wird ein normales Thermometer in das Wasserbad getaucht. So kann das Fernthermometer mit dem Poti 20 kΩ z. B. bei 50 °C Wassertemperatur geeicht werden.

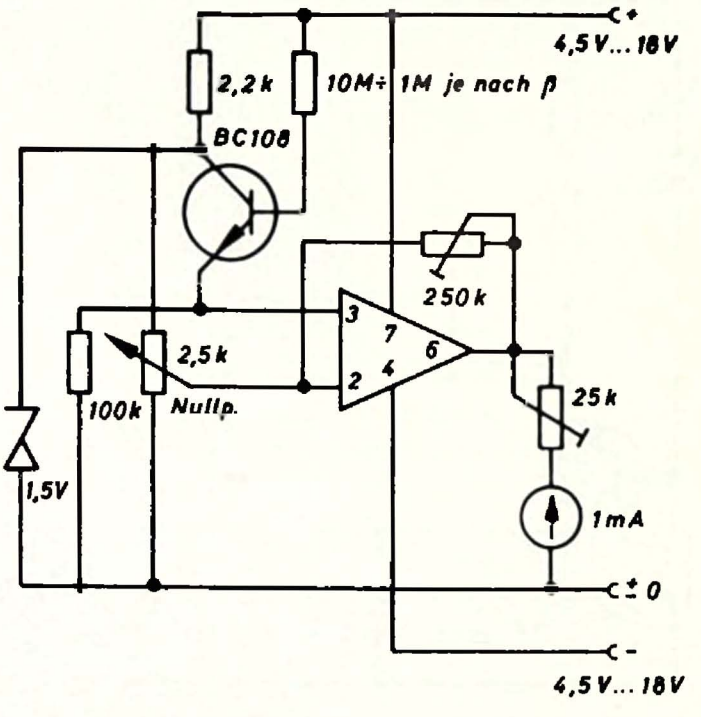



Bild 46

## Sirene

Um die Beendigung eines Arbeitsganges akustisch anzuzeigen oder als Warnanlage, Diebstahlsicherung oder ähnliches ist die in Bild 47 gezeigte Sirene gedacht.

Der Multivibrator der ersten Stufe, der mit niedriger Frequenz läuft, schaltet den zweiten Multivibrator, der die hohe Frequenz erzeugt, ein und aus. Dadurch entsteht der auf- und abschwellende Ton wie bei einer Sirene. Die Frequenzen lassen sich in bekannter Weise durch die Kondensatoren $C_1$, $C_2$ oder die Widerstände ändern.

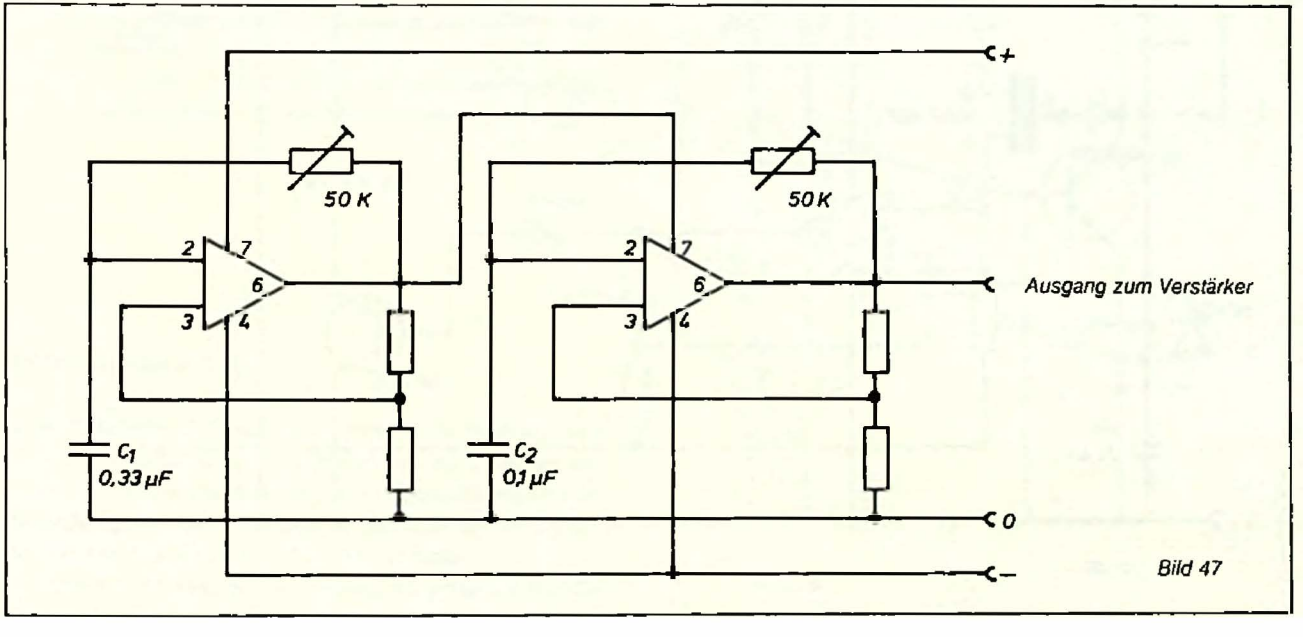



Bild 47

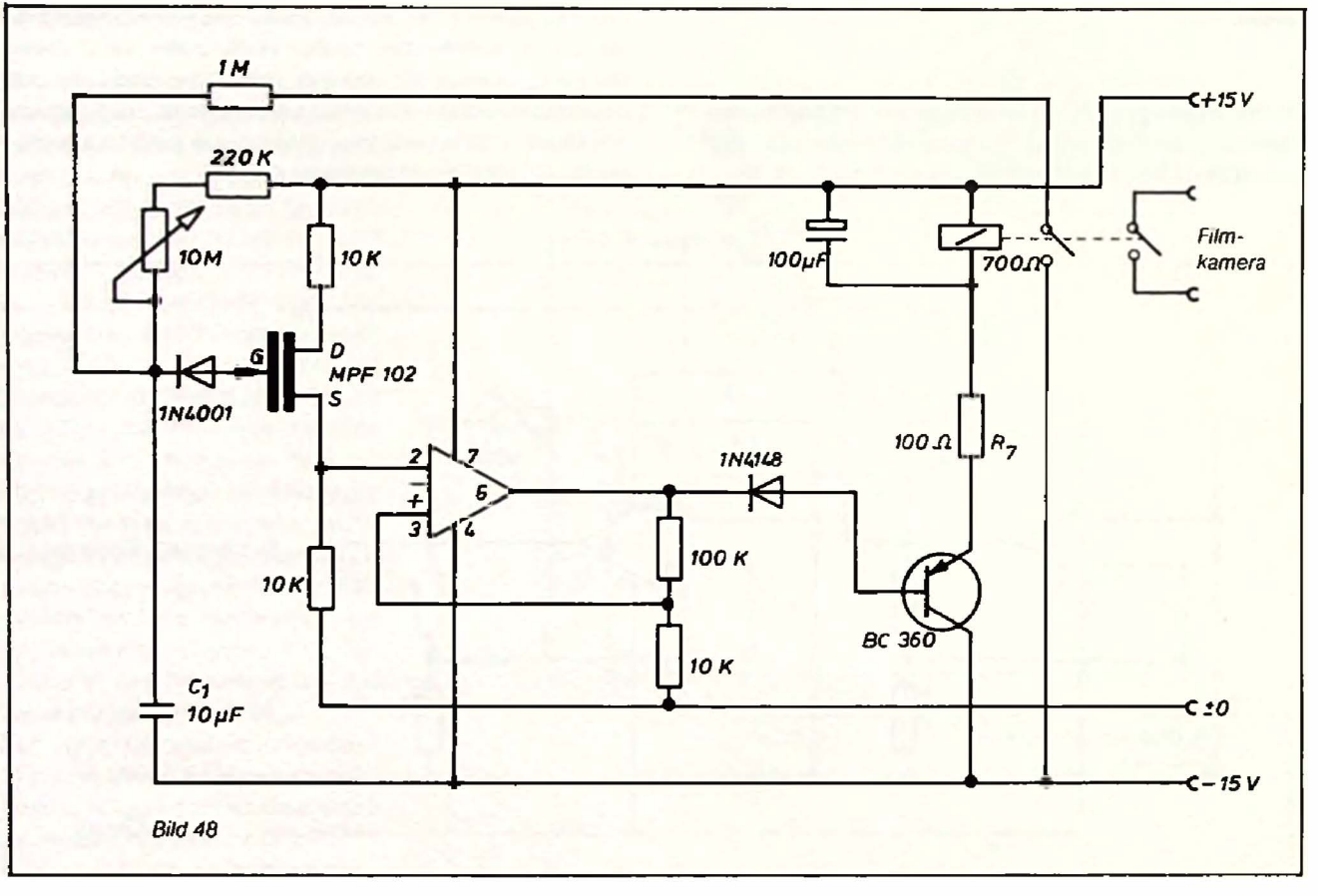

1 M
220 K
10M
10 K
G
D
MPF 102
S
1N4001
2
7
+
6
3
4
10 K
C1
10 µF
100µF
700Ω
+15 V
Film-
kamera
1N4148
100 Ω
R7
100 K
10 K
BC 360
±0
–15 V

Bild 48

## Schalter für Zeitrafferaufnahmen

Fotoamateure können mit einer Filmkamera mit dem Schalter nach Bild 48 Zeitrafferaufnahmen ausführen. Die Schaltung arbeitet genau wie Schaltung 53, nur mit dem Unterschied, daß der Relaiskontakt den zeitbestimmenden Kondensator $C_1$ beim Ansprechen entlädt. Es wird nur ein kurzer Impuls erzeugt, der die Kamera um 1 Bild weiterlaufen läßt. Der Elko parallel zum Relais kann noch vergrößert oder verkleinert werden, je nach Beschaffenheit der Kamera. Widerstand $R_7$ begrenzt den Strom im Transistor beim Einschalten bei der Aufladung des Elkos parallel zum Relais.

## Lichtschranke mit IC

Da die Bausteine 2 Eingänge haben, ist es möglich, eine Brückenschaltung hoher Empfindlichkeit aufzubauen. Bei geringer Widerstandsänderung des Fotowiderstandes infolge Lichtänderung wird das Gleichgewicht der Brücke gestört und der Transistor hinter dem IC schaltet.
Auch diese Schaltung ist am Eingang als Brücke ausgebildet und arbeitet gleichzeitig als Schmitt-Trigger.

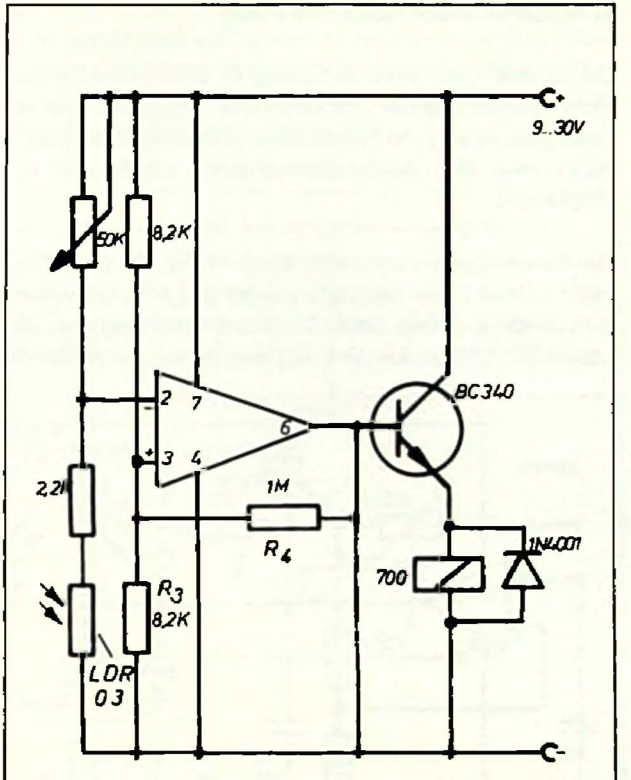



Bild 49

## Wechsellichtschranke mit Laser

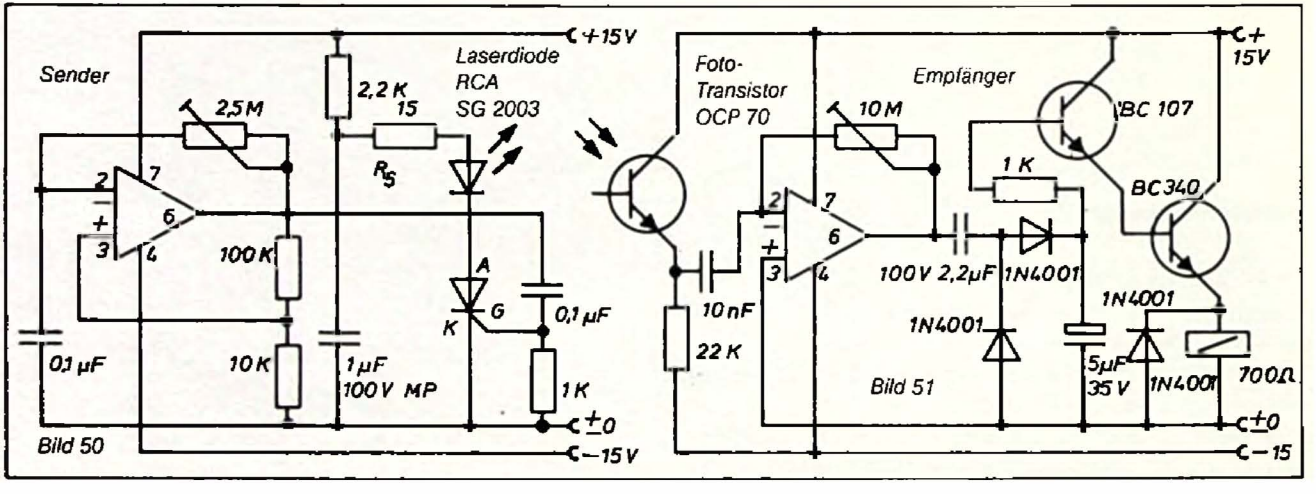
Die Lichtschranke nach Schaltung 49 ist für viele Zwecke nicht geeignet, da bei Gleichlicht das Tageslicht oder die Raumbeleuchtung die Funktion beeinträchtigen. Schaltung 50/51 zeigt eine Wechsellichtschranke mit Sender und Empfänger.

Der Sender besteht aus einem Multivibrator, der einen Thyristor 200mal in der Sekunde zündet und eine Laserdiode zum Leuchten anregt. Diese Diode liefert stark gebündeltes Laserlicht im Infrarotbereich, das bekanntlich unsichtbar ist.

Der Empfänger besteht aus einem Fototransistor und einem Wechselstromverstärker mit anschließender Gleichrichtung. Bei einfallendem Wechsellicht zieht das Relais an. Fremdlicht stört nicht.

**Vorsicht**! Das Laserlicht ist stark gebündelt, hat eine sehr hohe Intensität und kann zur Zerstörung der Augen führen. Da es auch unsichtbar ist und die Intensität auch bei großen Entfernungen kaum geringer wird, so muß mit größter Vorsicht gearbeitet werden.

Wenn die Lichtschranke arbeitet, dann kann man den Widerstand $R_5$ erhöhen, um so die Intensität der Strahlung auf ein Minimum herabzusetzen.



## Dämmerungsschalter mit Verzögerung

Dämmerungsschalter müssen langsam arbeiten, um nicht bei jeder kleinen Lichtänderung die angeschlossenen Verbraucher ein- und auszuschalten.

Der erste Baustein arbeitet deshalb als Integrator, d.h. die durchschnittliche Lichtänderung über einen größeren Zeitraum erscheint am Ausgang. Um den Transistor schnell durchzusteuern, ist der zweite Verstärker, der als Schmitt-Trigger arbeitet, in Reihe geschaltet.

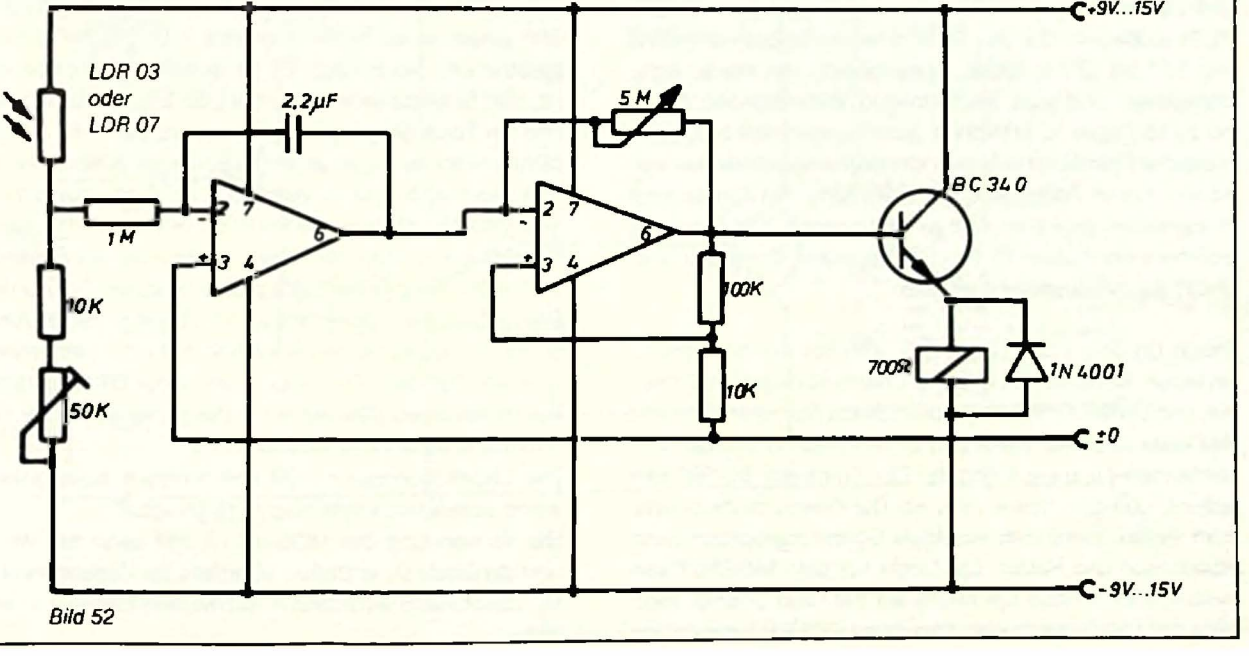



Bild 52

## Zeitrelais

Zeitrelais mit langer Laufzeit lassen sich sehr gut mit MOSFETs aufbauen. Da das Gate einen Isolationswiderstand von $10^{16}$ bis $10^{18}$ aufweist, ist es möglich, mit kleinen Kondensatoren und sehr hochohmigen Widerständen Zeiten bis zu 15 Tagen zu erreichen. Damit lassen sich z. B. automatische Fischfütteranlagen oder Blumengießanlagen aufbauen. Kurze Zeiten sind zur Belichtung von Filmen oder Fotoplatinen geeignet. Die zu erreichende Zeit errechnet sich nach der Formel $C \cdot R = t$ in Sekunden. C muß in Farad und R in Ohm eingesetzt werden.

Durch Druck auf die Taste »Ta« wird der Kondensator $C_1$ entladen. Am Gate des MOSFET herrscht negatives Potential, und der MOSFET ist gesperrt. Nach Ablauf der Zeit wird das Gate positiver, der MOSFET wird leitend und der Verstärker am Ausgang 6 negativ. Der Transistor BC 360 wird leitend, und das Relais zieht an. Die Freilaufdiode parallel zum Relais verhindert induktive Spannungsspitzen beim Abschalten des Relais. Die Diode vor dem MOSFET verhindert, daß positive Spannung auf das Gate gelangt. Hierbei würde der einsetzende Strom den MOSFET zerstören.

Die Umkehr der Funktion läßt sich durch Austausch des BC 360 gegen einen NPN-Transistor z. B. BC 340 erreichen (gestrichelte Zeichnung). Da die Schaltung sehr hochohmig ist, muß für beste Isolation des MOSFET, des Kondensators und der Taste Sorge getragen werden. Sollte die Schaltung nicht funktionieren, ist versuchsweise der Widerstand 1 M$\Omega$ und das Poti 5 M$\Omega$ zu überbrücken. Wenn die Schaltung jetzt arbeitet, dann ist die Isolation unzureichend. Sehr gut hat sich der Aufbau der kritischen Bauteile als sogenannte Luftverdrahtung ohne Stützpunkte bewährt. So wurden im Versuchsaufbau Zeiten bis zu 15 Tagen erreicht. Als integrierte Verstärker können der 709, 741 oder 748 verwendet werden. Für den Transistor kann jeder Siliziumtransistor von mindestens 500 mA Kollektorstrom und 40 V Sperrspannung verwendet werden.

Der Ladekondensator muß einen hohen Isolationswiderstand aufweisen. Elkos sind nicht geeignet.

Bei Verwendung des MOS-JC LF 357 kann der MPF 102 und die Diode $D_1$ entfallen, ebenfalls die Widerstände $R_2$ + $R_3$. Der Punkt E wird dann direkt mit dem Eingang 2 verbunden.

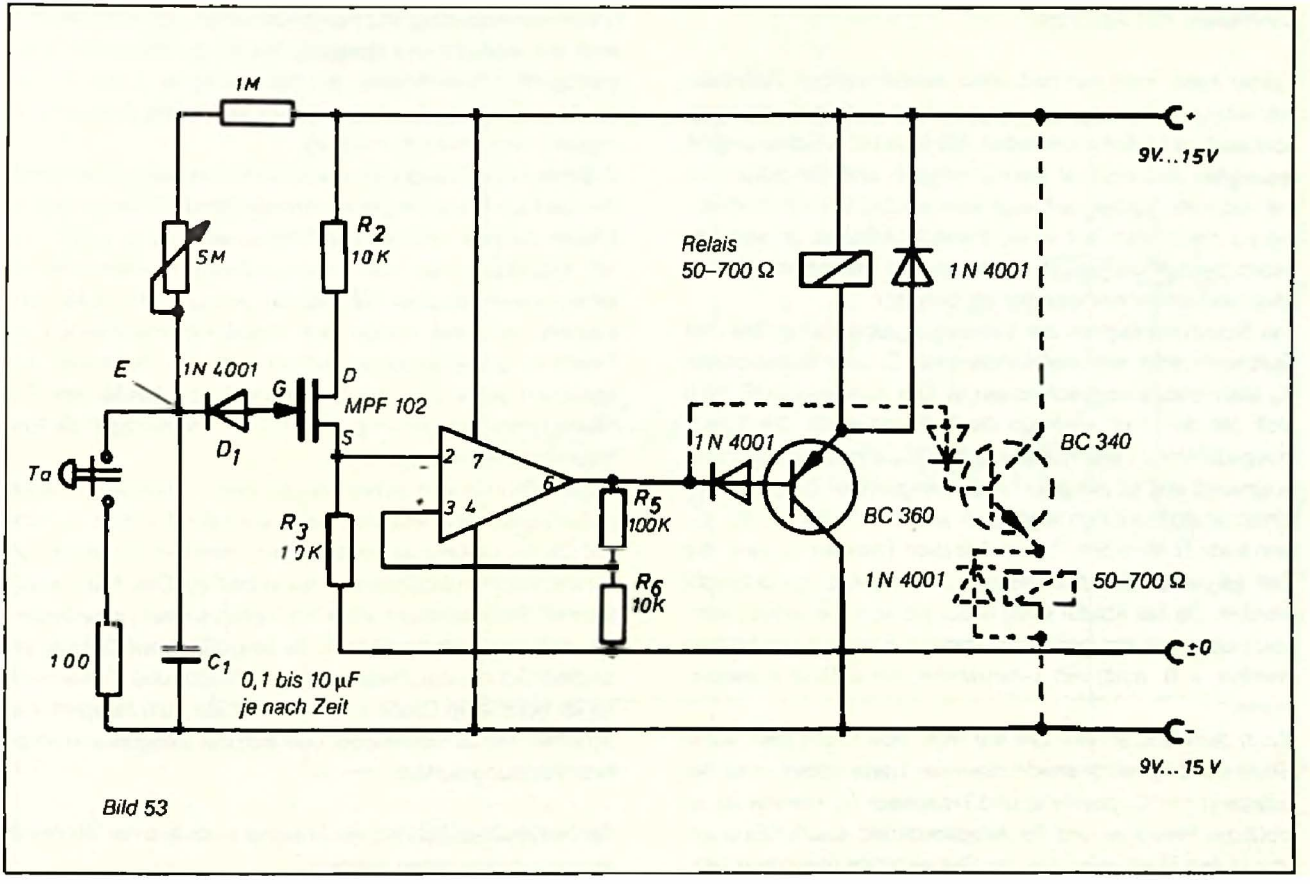

1M
9V...15V
5M
R2
10K
Relais
50–700 Ω
1N 4001
E
1N 4001
G
D
MPF 102
S
D1
Ta
2
7
3
4
6
R3
10K
R5
100K
1N 4001
BC 340
BC 360
R6
10K
1N 4001
50–700 Ω
100
C1
0,1 bis 10 µF
je nach Zeit
±0
9V... 15 V

Bild 53

## Zeitrelais mit Anzeige

Leider kann man bei fast allen elektronischen Zeitrelais während des Betriebes die abgelaufene Zeit nicht erkennen und auch nicht mehr verstellen. Mit dem nach Schaltung 54 gezeigten Zeitrelais ist beides möglich und die Schaltung hat noch den Vorteil, daß auch sehr kurze Zeiten im Verhältnis zur maximalen Zeit erreicht werden können. Im wesentlichen besteht die Schaltung aus einem Integrator als Zeitglied und einem Komparator als Schalter.

Die Schaltung liegt an der Versorgungsspannung. Die Zeit läuft noch nicht, weil der Kondensator $C_1$ vom Ruhekontakt $K_R$ des Relais kurzgeschlossen ist. Der Ausgang an $IC_1$ ist 0 Volt. Mit dem Poti wird nun die Zeit eingestellt. Die Spannungsdifferenz zwischen 2 + 3 des $IC_2$ wird vom Voltmeter angezeigt und ist ein Maß für die eingestellte Zeit. Die maximal einstellbare Zeit ergibt sich aus der Größe von $R_1 \cdot C_1$ und kann $R \cdot C \cdot 1{,}5 = T$ sein. Mit dem Trimmer $R_1$ kann die Zeit auf genaue Übereinstimmung mit der Anzeige gebracht werden. Da der Ablauf völlig linear ist, so kann jedes Drehspulinstrument mit beliebiger linearer Eichung genommen werden, z.B. auch ein 1-mA-Meter mit 8,2 kΩ Vorwiderstand.

Nach dem Setzen der Zeit mit dem Poti 1, bei dem keine Skala benötigt wird, drückt man die Taste »Start«. Da der Ausgang von $IC_2$ positiv ist und Transistor $Tr_1$ »bereit« ist, so zieht das Relais an und der Arbeitskontakt des Relais überbrückt den Starttaster. Da der Ruhekontakt über dem Integrationskondensator $IC_1$ nun geöffnet ist, lädt sich dieser linear auf, wodurch der Ausgang des $IC_1$ positiver wird. Beim geringsten Überschreiten der Spannung an 2 des $IC_2$ gegenüber Eingang 3 schaltet dieser sofort den Ausgang auf negativ, und das Relais fällt ab.

Während des Zeitablaufes kann man die noch verbleibende Restzeit am Meßinstrument verfolgen und während des Betriebes die Zeit erhöhen oder verkürzen. Für $C_1$ sollte man MP-Kondensatoren oder für lange Zeiten Tantalkondensatoren verwenden. Der Trimmer $Tr_1$ sollte 22 MΩ nicht übersteigen, da sonst infolge des Isolationswiderstandes am Relais zu große Ungenauigkeiten auftreten. Bei hohen Ansprüchen sollte man die Schaltung in ein luftdichtes Gehäuse bauen und einen kleinen Beutel mit Silikagel zur Entfeuchtung hineinlegen.

Zur Erreichung von extrem langen Zeiten kann auch mit Impulsen gearbeitet werden. Dann wird der Trimmer $R_1$ nicht auf die + Leitung angeschlossen, sondern an einen unsymmetrischen Multivibrator nach Bild 35. Das Arbeitspausenverhältnis ist dann etwa 1:10 einzustellen, was bedeutet, daß das Zeitrelais 10mal so lange läuft wie bei der gezeigten Schaltung. Zwischen Multivibrator und Zeitgenerator ist noch eine Diode 4148 mit Katode zum Integrator zu schalten, um zu vermeiden, daß sich der Integrator in negativer Richtung auflädt.

Bei Netzbetrieb können die Impulse auch aus der Wechselspannung gewonnen werden.

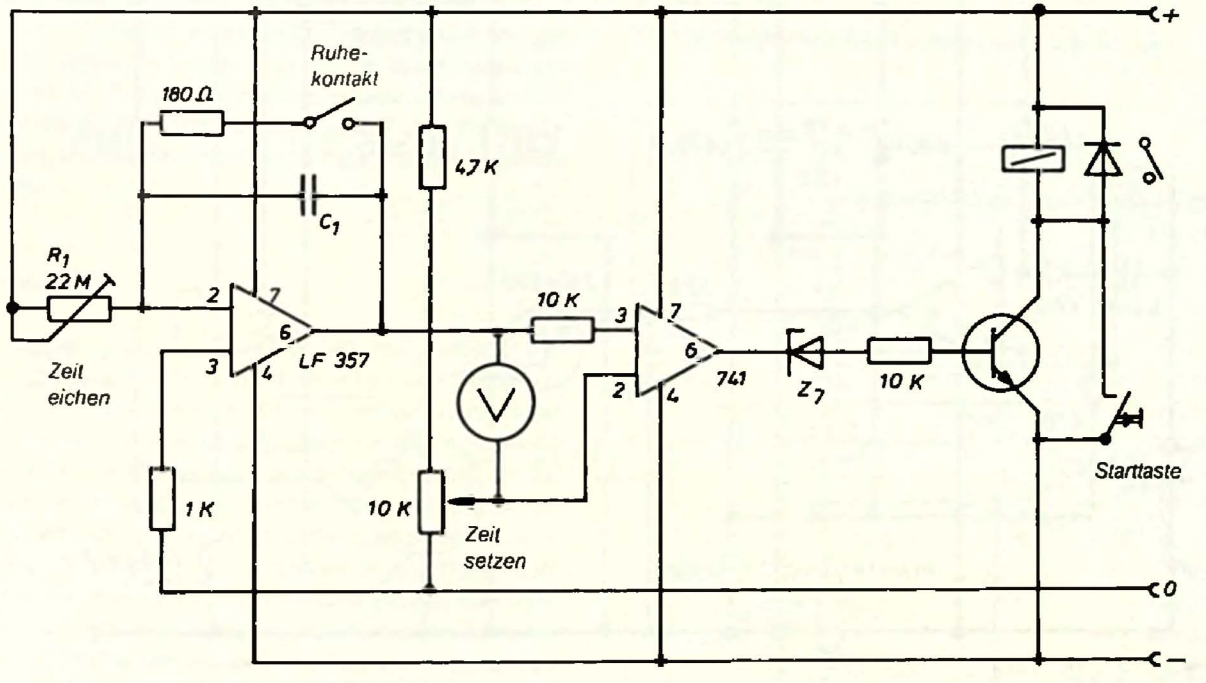

+
Ruhe-
kontakt
180 Ω
4,7 K
C1
R1
22 M
2
7
6
3
4
LF 357
Zeit
eichen
10 K
3
7
6
2
4
741
Z7
10 K
Starttaste
1 K
10 K
Zeit
setzen
0
–

Bild 54

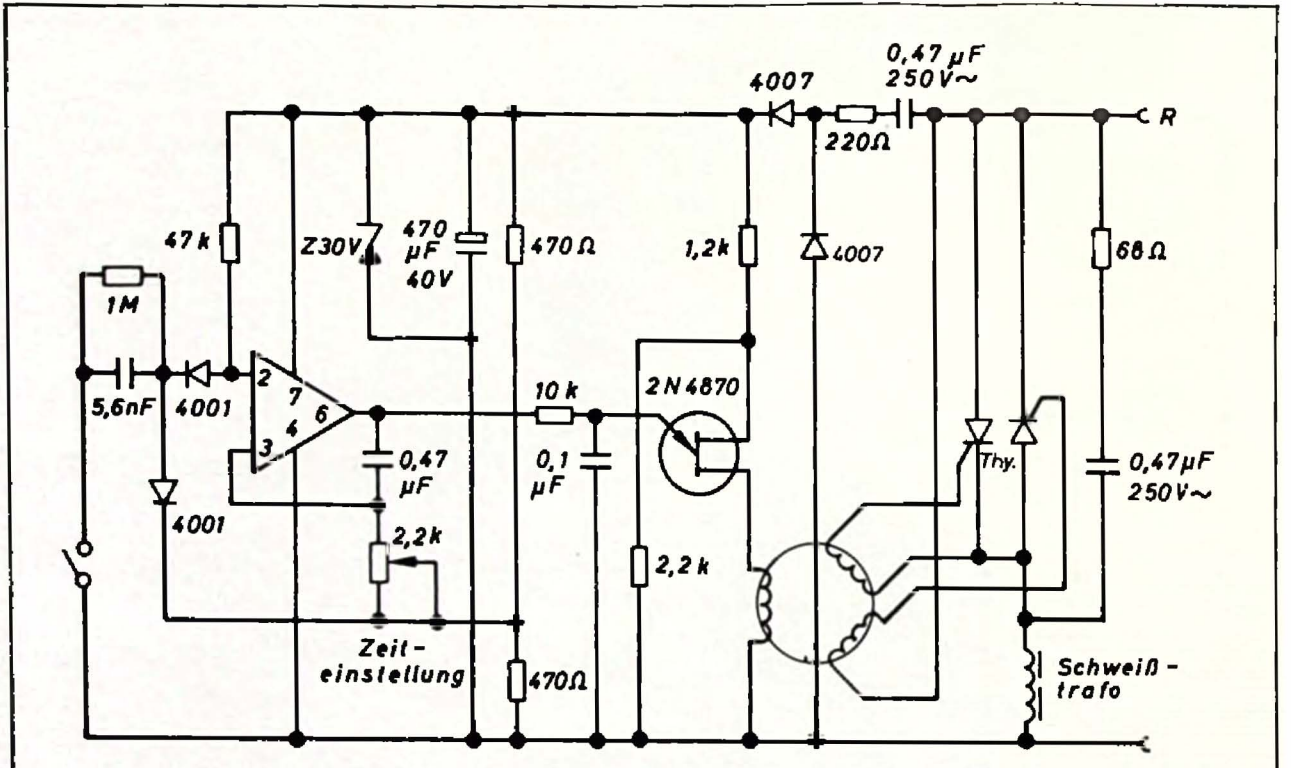



Bild 55

Thyristoren je nach Leistung.
Bei 220 V mind. 500-V-Typen verwenden.

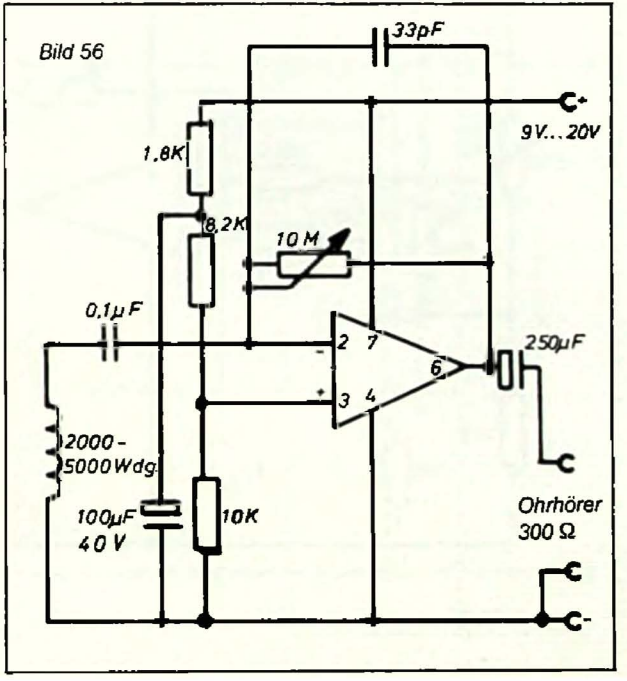
## Schweißzeitbegrenzer

Einfache Punktschweißmaschinen besitzen keine Begrenzer; so werden die Schweißungen unterschiedlich, je nach dem Zeitgefühl des Schweißers. Die Schaltung Bild 55 zeigt ein Kurzzeitrelais bis 2 Sekunden, das für diesen Zweck geeignet ist. Die Thyristoren in Antiparallelschaltung sollten mindestens für 25 A und 600 V ausgelegt sein. Bei dieser Schaltung werden die Thyristoren mit ca. 100-Hz-Impulsen gezündet.

## Kabelsucher

Nach dem gleichen Prinzip wie Schaltung 29 arbeitet der Kabelsucher. Leitungen unter Putz oder unter Fliesen in Bad oder Küche können beim Bohren zerstört werden und so große Unkosten verursachen. Das Kabel läßt sich jedoch nur finden, wenn ein magnetisches Kraftfeld vorhanden ist. Dieses ist um so stärker, je höher der Strom im Kabel ist. So ist es erforderlich, evtl. einen Heizofen oder einen anderen größeren Verbraucher an die Leitung anzuschließen. Ist z. B. in einem Neubau noch kein Stromanschluß oder handelt es sich um Klingelleitungen, Alarmleitungen oder Antennen, die mit Starkstrom nicht belastet werden können, so wird der Multivibrator nach Bild 34 an die zu suchende Leitung angeschlossen. Die Frequenz ist mit 400 bis 800 Hz sehr günstig.

Als Suchspule kann von einem Schaltschütz die Spule mit dem E-förmigen Eisenkern verwendet werden. Es eignen sich auch Spulen von Relais, die möglichst einen U- oder E-förmigen Eisenkern haben sollten.
Die Stromaufnahme beträgt zwischen 6 und 10 mA.



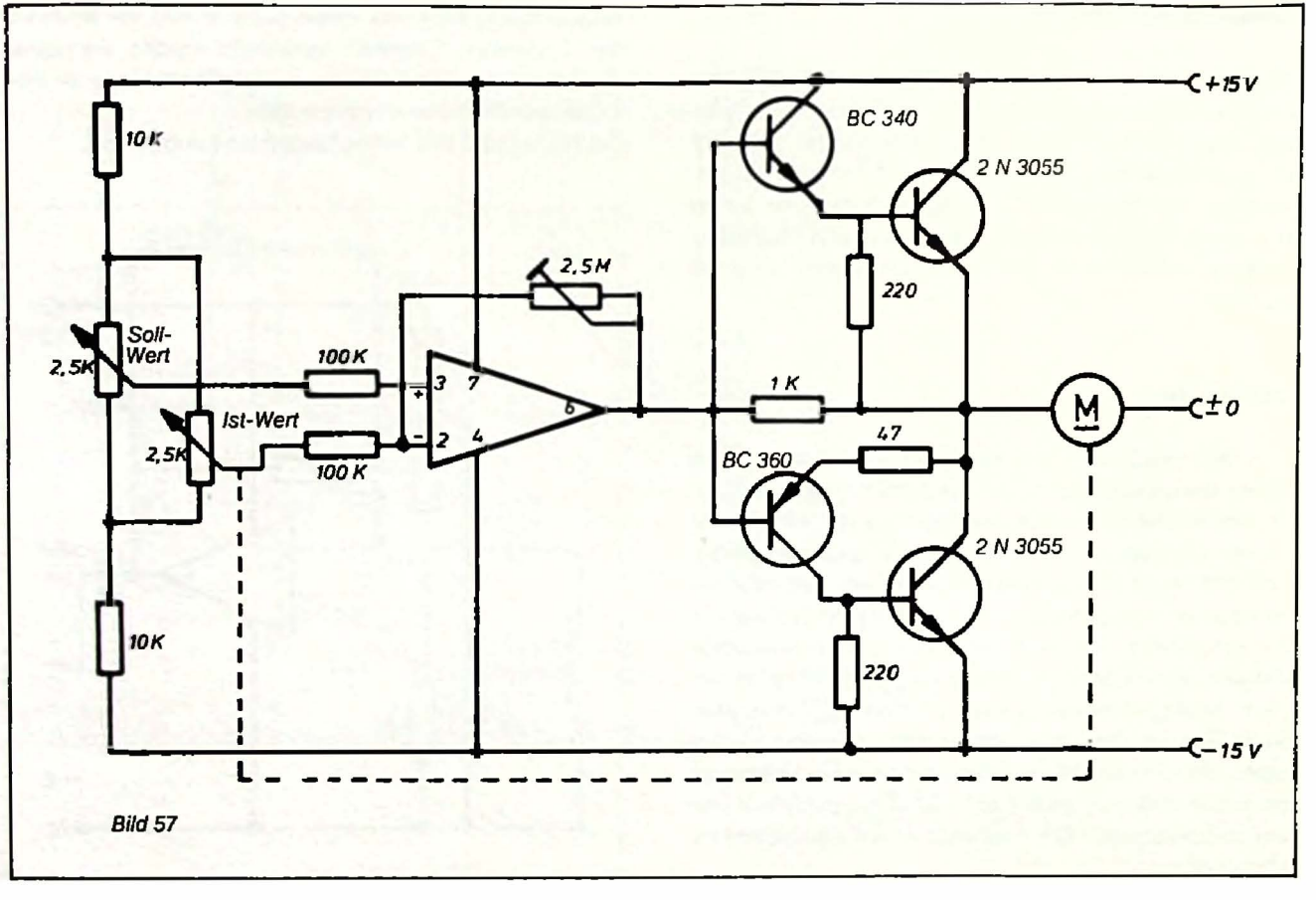

+15V
10K
BC 340
2 N 3055
2,5M
220
Soll-
Wert
2,5K
100K
1 K
M
±0
Ist-Wert
2,5K
100 K
47
BC 360
2 N 3055
10K
220
−15 V

Bild 57

## Nachlaufsteuerung

Die Nachlaufsteuerung nach Bild 57 kann für viele Zwecke eingesetzt werden. Mit dem Sollwert-Poti wird eine Spannung eingestellt. Der Motor dreht dann z. B. eine Antenne oder ein Mischventil, bis das Istwert-Poti den gleichen Wert erreicht hat. Dieses Poti muß mit der Achse des Getriebemotors mechanisch verbunden sein. Selbstverständlich können auch andere Geber anstelle des Sollwert-Potis verwendet werden.

## Anlasser

Bei Werkzeugmaschinen oder Fahrzeugen ist es oft erforderlich, diese langsam vom Stillstand bis auf die gewünschte Drehzahl zu beschleunigen. Beim Abschalten soll dann ebenfalls mit der Drehzahl langsam zurückgegangen werden, um hohe Bremsströme zu vermeiden. Die Schaltung arbeitet in der ersten Stufe als Integrator. Die Spannung für den Integrator kommt von $IC_2$. Ist die Spannung an $IC_1$ gleich der eingestellten Sollwertspannung, so kippt der als Komparator geschaltete $IC_2$ nach negativ und entlädt den Integrator wieder etwas. Dieses hin und herschwingen spielt sich im Millivoltbereich ab und stört die gelieferte Steuerspannung nicht. Wird mit dem Schalter $S_1$ die Sollwertspannung abgeschaltet, so läuft die Steuerspannung langsam gegen 0.

Die Schaltung arbeitet auch im negativen Bereich, wenn die Sollwertspannung negativ ist. Die Schaltung wurde zur Synchronisation von Förderbändern entwickelt, eignet sich jedoch auch für Modelleisenbahnen, um ein abruptes Anhalten und Starten der Bahnen zu verhindern.

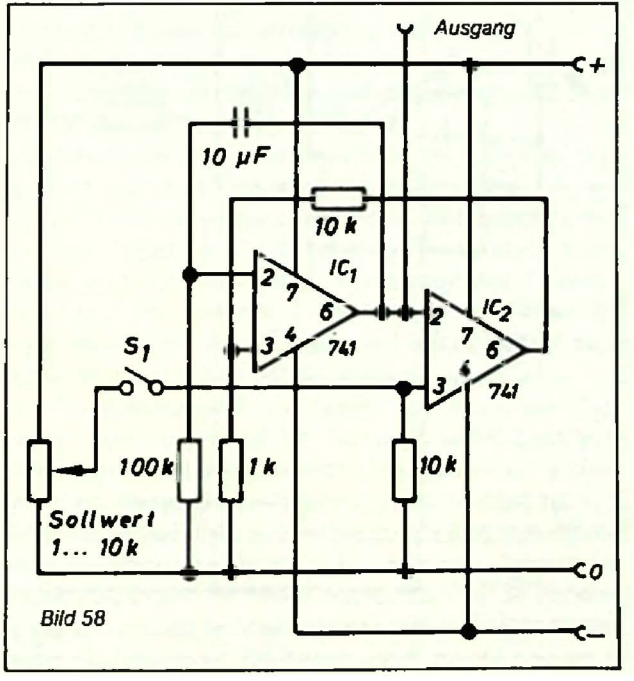



Bild 58

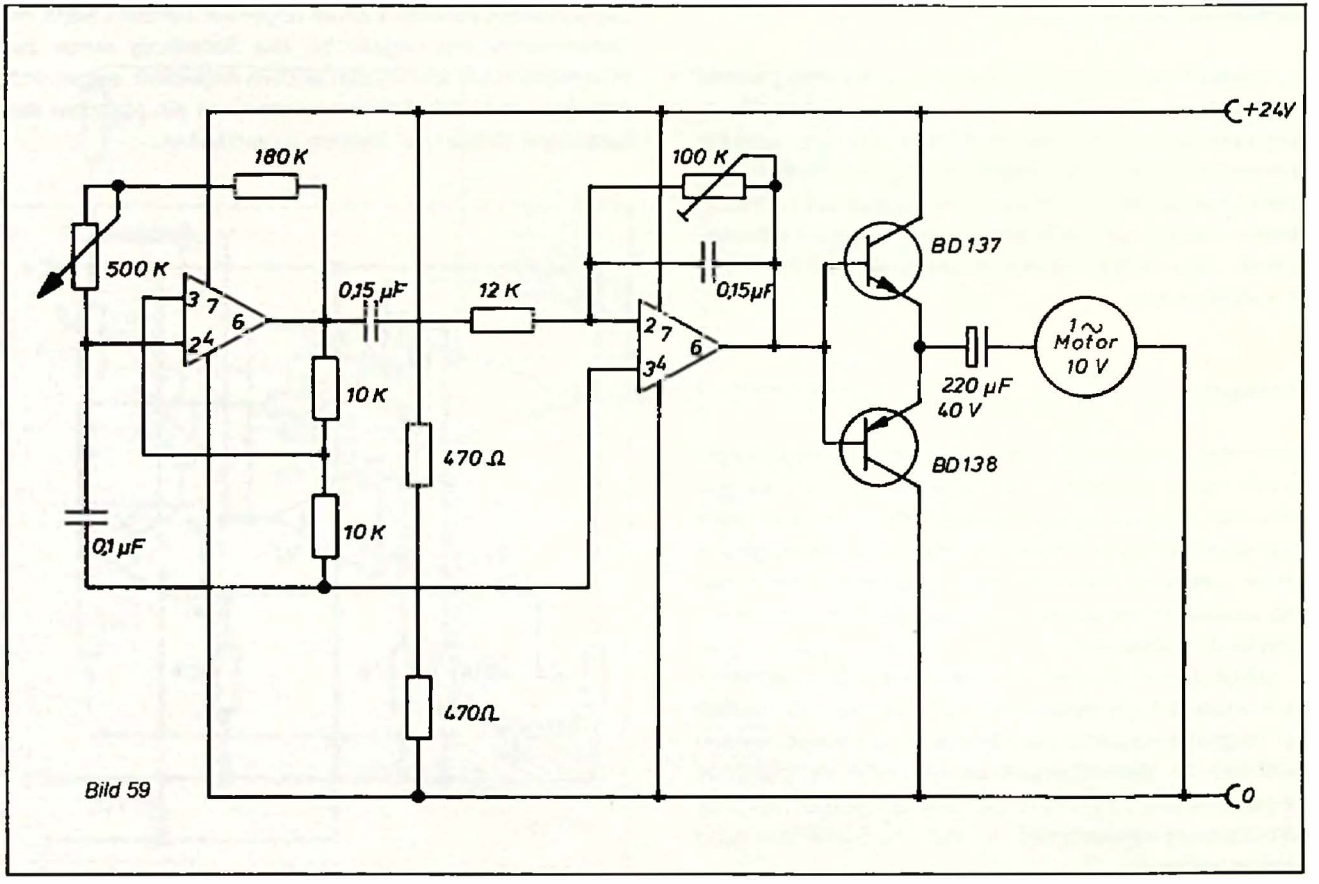

+24V
180 K
100 K
500 K
0,15 µF
12 K
0,15µF
BD 137
1~
Motor
10 V
220 µF
40 V
10 K
470 Ω
BD 138
10 K
0,1 µF
470Ω
0

Bild 59

## Wechselstromgenerator für kleine Motoren

Kleine Wechselstrommotoren werden für Zeitrelais oder Schrittschaltwerke eingesetzt. Diese steuern z. B. Straßenverkehrssignalanlagen. An Baustellen auf Landstraßen steht jedoch kein Netzstrom zur Verfügung. Hier verwendete man bisher Gleichstrommotoren, die aus Batterien gespeist werden. Da diese jedoch schlecht zu regeln sind und bei geringerer Spannung in den Batterien langsamer laufen und außerdem störanfälliger als Wechselstrommotoren sind, so wird ein billiger Wechselstromgenerator benötigt.
Die Wienbrücke wäre zwar geeignet und funktioniert im Labor und im Wohnzimmer ausgezeichnet, doch setzen die Schwingungen unter extremen Temperaturbedingungen, wie sie im Freien herrschen, aus. Deshalb mußte nach einer anderen Lösung gesucht werden.
Mit dem Multivibrator wird eine symmetrische Rechteckspannung erzeugt, die dann mit der zweiten Stufe integriert in Dreieckspannungen umgewandelt wird. Eine weitere Integration würde sogar Sinus aus der Dreieckspannung machen, doch ist dies für den Betrieb eines Motors nicht unbedingt erforderlich. Wenn man den zweiten Verstärker, der als Integrator arbeitet, etwas höher verstärken läßt, dann erscheint auf dem Bildschirm eine Trapezspannung. Diese kommt dem Sinus nahe genug. Ein weiterer Vorteil ist die Regelbarkeit der Frequenz. Mit den meisten auf dem Markt befindlichen Motoren ist ein einwandfreier Betrieb von 30 bis 120 Hz möglich.

## Nullspannungsschalter für Triacs

Thyristoren und Triacs werden meistens in Wechselstromkreisen als Schalter verwendet. Bei der bekannten Phasenanschnittsteuerung treten starke Rundfunk- und Fernsehstörungen auf. Besonders bei den selbstgebauten und fast nie entstörten Lichtorgeln kann man noch 3 bis 4 Häuser in der Nachbarschaft die Lichtorgel im Radio hören.
Die erzeugten Impulse sind infolge des schnellen Anstiegs von Spannung und Strom von großer Bandbreite und daher nur mit großem Aufwand zu entstören.
Beim Nullspannungsschalter wird der Thyristor oder Triac während des Nulldurchgangs der Wechselspannung gezündet. Der Spannungs- und Stromanstieg verläuft normal nach der Sinusfunktion. Geregelt wird die Leistung, indem zeitweise gänzlich ein- oder ausgeschaltet wird. Es gelangen z. B. 2 volle Perioden an den Verbraucher. Danach tritt eine Pause von 8 Perioden ein. Die Leistung beträgt dann 20%. So läßt sich die Leistung relativ gut regeln.
Der Nullspannungsschalter besteht aus einem Monoflop, das in negativer und positiver Richtung arbeitet. Beim Nulldurchgang der Wechselspannung kippt das Monoflop in die Richtung, die die Wechselspannung anschließend hat; d. h. bei positiver Halbwelle wird ein positiver Impuls geliefert und bei negativer Halbwelle ein negativer Impuls. Dies ist zum sicheren Zünden von Triacs erforderlich. Da die Zündimpulse ab- und angeschaltet werden müssen, so wird ein Optokoppler verwendet. Da dieser jedoch nur die Impulse in

einer Richtung durchlassen würde, so ist es erforderlich, diesen in eine Gleichrichterbrücke zu setzen. Anschließend werden die Impulse mit den Transistoren $Tr_1$ und $Tr_2$ verstärkt.

Sollen mehrere Verbraucher an einen Nullspannungsschalter angeschlossen werden, so kann mit mehreren Optokopplern gearbeitet werden. Wenn der Optokoppler mit der Gleichrichterbrücke zu teuer ist, so kann man mit einem Fotowiderstand, z.B. LDR 03 oder 07 und einer Leuchtdiode einen Optokoppler bauen. Da der LDR den Strom in beiden Richtungen leitet, entfällt die Brückenschaltung.

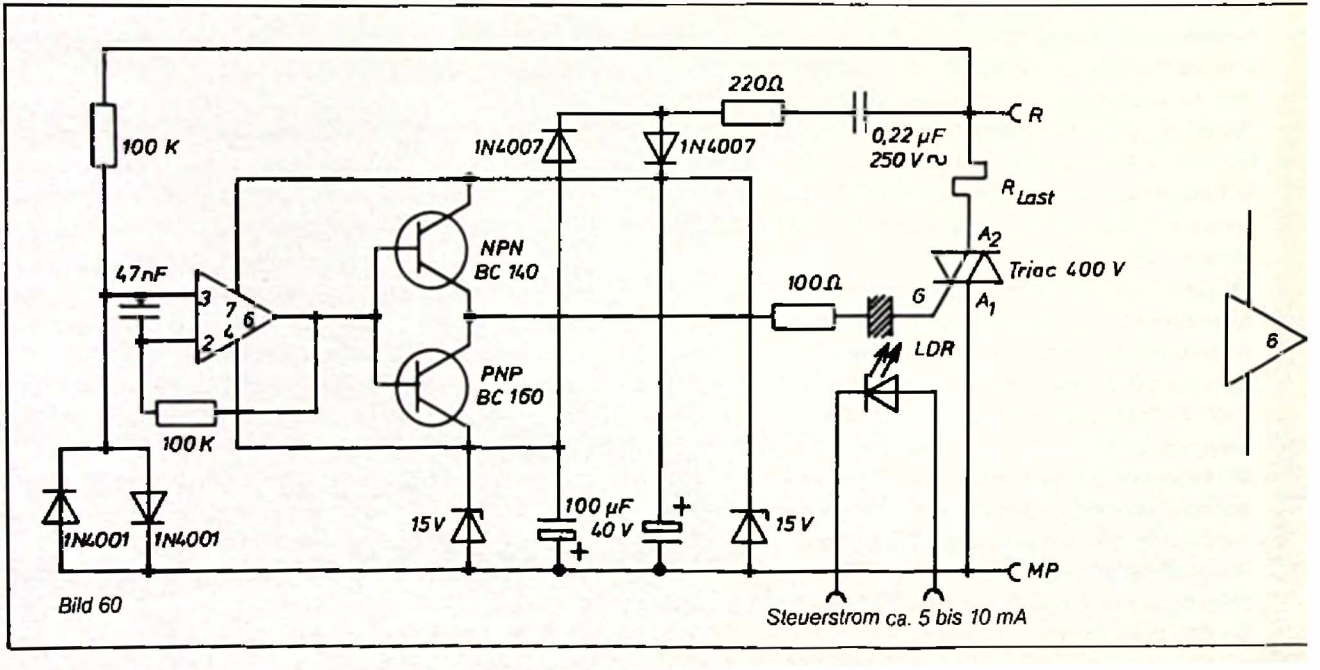
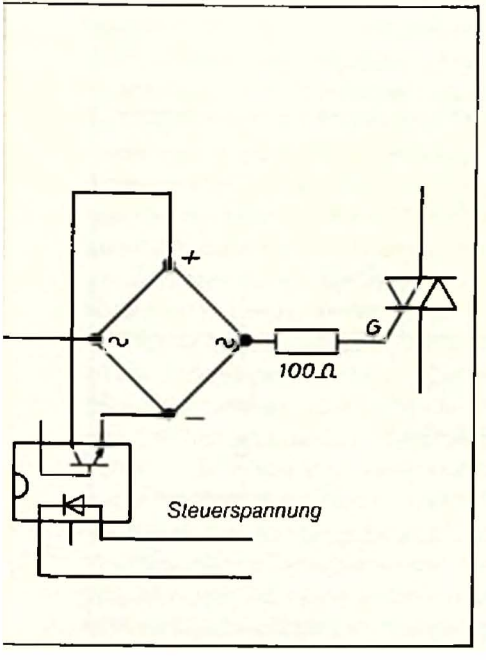



Bild 60

## Nullspannungsschalter für Thyristoren




Der erste IC erzeugt die synchronen Nadelimpulse, die jedoch bei induktiver Last nicht zur sicheren Zündung ausreichen. Im eingeschalteten Zustand erreichen die positiven Impulse über den Optokoppler das Flip-Flop nach Schaltung 38. Dies kippt nach positiv und schaltet den Thyristor im Nulldurchgang ein. Ein Löschen ist nicht mehr möglich, da das Gate bis zum nächsten Nulldurchgang positiv bleibt. Nun kommt ein negativer Nadelimpuls und schaltet das Flip-Flop auf negatives Potential. Wenn der Optokoppler jetzt ausgeschaltet ist, dann kann das Flip-Flop nicht mehr in positive Richtung schalten. Zum Schalten von Drehstrom ist es wegen der Phasenverschiebung jedoch erforderlich, die Schaltung 3fach aufzubauen. So kann man Schaltschütze mit sehr hoher Schalthäufigkeit und Schaltgeschwindigkeit und langer Lebensdauer realisieren.

Das Bild 61 zeigt eine solche Schaltung. Hierbei wird mit Thyristoren und Dioden in einer halbgesteuerten Drehstrombrücke gearbeitet, weil bei induktiver Last nach dem Abschalten der phasenverschobene Strom noch abfließen muß. Andernfalls wandelt sich die gespeicherte magnetische Energie in eine unzulässig hohe Spannung um, die alle Halbleiter zerstören würde.

Die Thyristoren müssen für den maximal auftretenden Anlaufstrom ausgelegt sein und eine doppelte Sperrung der maximalen Spitzenspannung aufweisen. Da sind z.B. bei $380\ V \cdot 2 = 550 \cdot 2 = 1100\ V$. Diese Halbleiter sind für den Amateur zu teuer, doch werden auch einige Leser die Schaltung für Industriezwecke einsetzen können.

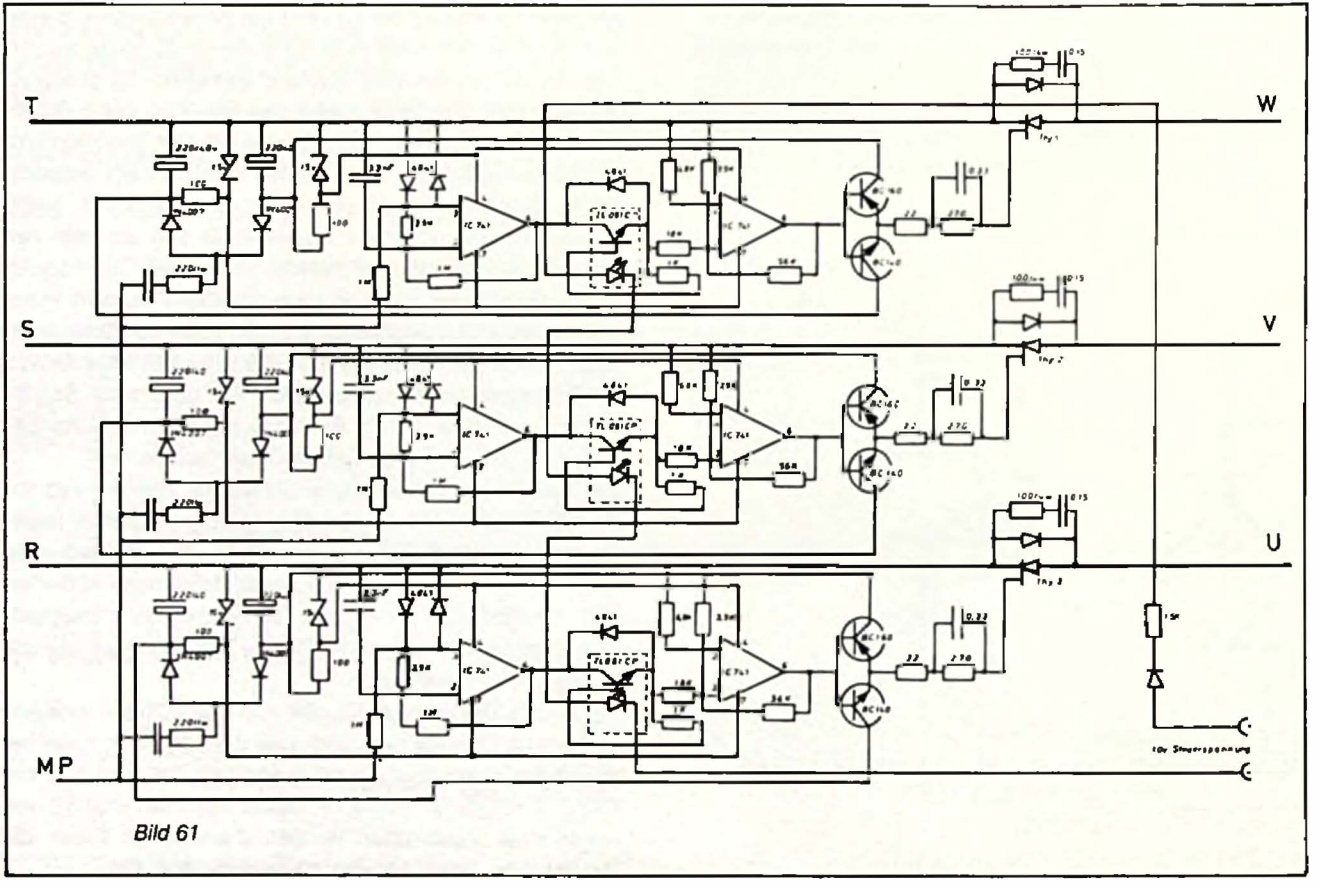



*Bild 61*

## Thyristorsteuerung für Gleichstrommotoren 1 Phase

Durch Einsatz von Thyristoren lassen sich hohe Spannungen und Ströme fast verlustfrei steuern. Thyristoren haben jedoch einige Nachteile gegenüber Transistoren und sind deshalb nicht so einfach zu handhaben, wie man zunächst glaubt. Vielleicht haben Sie schon einmal versucht, mit einem gewöhnlichen »Dimmer« einen Trafo oder Motor zu steuern. Wenn der Trafo nicht belastet ist, so wird dies nicht gelingen, weil der Triac (Doppelwegthyristor) nach dem Einschalten durch den Zündimpuls infolge der Induktivität sofort wieder löscht. Ein Triac oder Thyristor muß einen ausreichenden Haltestrom haben, da er sonst wieder in den nichtleitenden Zustand fällt. Bei Motoren sieht es dann so aus, daß der Motor zunächst bis zur gewünschten Drehzahl hochläuft, dann nicht mehr genug Haltestrom zieht und in der Drehzahl abfällt, bis die Stromaufnahme des Motors wieder hoch genug ist. Die Folge ist ein unangenehmes »Pumpen« des Motors. Ein weiterer zu beachtender Punkt ist die Spannungsfestigkeit der Thyristoren. Diese muß ca. 35% über der max. zu erwartenden Spitzenspannung liegen. Das bedeutet bei 220 V 50 Hz Netzspannung: $220 \cdot 2 = 308\ V \cdot 1{,}35 = 450\ V$; gewählt wird dann ein Thyristor für 500 V. Da Thyristoren bei Unterschreitung des Haltestroms wieder löschen, so ist es erforderlich, bei induktiver Last den Thyristor mehrfach hintereinander, d.h. mit Hochfrequenzimpulsen oder mit einem so breiten Impuls zu zünden, der vom Zündzeitpunkt bis zum Nulldurchgang reicht.

Oft kommt es auch zu ungewollten Zündungen durch Störimpulse aus dem Netz oder dem zu steuernden Motor. Diese zünden dann den Thyristor zu früh und die Spannung steigt zu plötzlich stark an, was zur Zerstörung der angeschlossenen Verbraucher führen kann. Um Fehlimpulsen die Wirkung zu nehmen, ist es erforderlich, das Gate des Thyristors negativ gegenüber der Katode zu halten, bis der positive Zündimpuls erwünscht ist. Betrachten wir nur $IC_1$, so bleibt der Ausgang 6 negativ, bis der Kondensator $C_1$ hauptsächlich von der positiven Regelspannung des $IC_3$ entladen ist. Der Ausgang 6 kippt dann nach positiv und erzeugt einen positiven Impuls am Gate des Thyristors 1. Das gleich gilt für $IC_2$, nur mit einer Phasenverschiebung von 180°. Die Zündtransformatoren müssen so groß ausgelegt sein, daß sie die hohe Impulsbreite von max. 20 msec noch einwandfrei übertragen.

Die Regelung des Phasenanschnitts übernimmt der 741. Hier werden am Eingang 2 die Sollwertspannung und die Istwertspannung verglichen. Zur Beruhigung der Schaltung ist ein Integrationskondensator in die Gegenkopplung des $IC_3$ zwischen 6 + 2 geschaltet. Die parallel geschaltete Z-Diode verhindert, daß die Spannung am Ausgang negativ werden kann und begrenzt gleichzeitig die Spannung auf + 10 V.

Ob die Schaltung nun nach Bild 62 für die Steuerung eines Gleichstrommotors oder zur Steuerung eines Transformators nach Bild 63 verwendet wird, hängt nur von der Schaltung der Thyristoren ab. Zu beachten ist noch auf jeden Fall

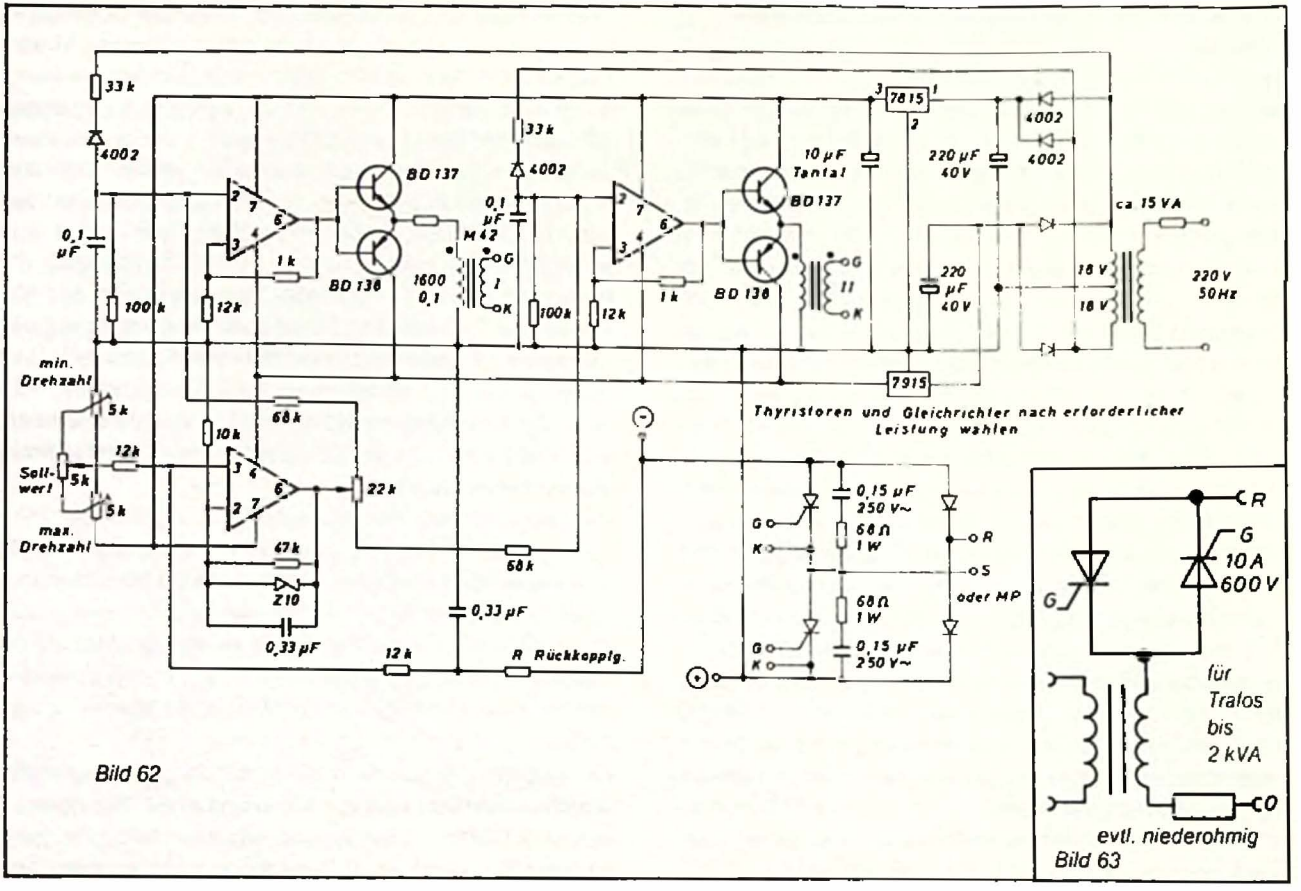



Bild 62

Bild 63

die Phasenlage der Impulse am Gate. Mit einem Zweistrahloszilloskop ist einfach nachzumessen. Allerdings nur in Stellung »Chopper«.
Als Last wird zunächst ein ohmscher Widerstand angeschlossen, z. B. eine Glühbirne 100 W. Ein Eingang des Oszilloskops wird an das Gate, die Masse an Katode und der zweite Eingang an Anode des gleichen Thyristors angeschlossen. Bei geerdetem Oszilloskop muß hier natürlich mit Trenntrafo gearbeitet werden.
Auf dem Oszilloskop erscheint nun die Sinuskurve der Spannung zwischen Katode und Anode. Zündimpulse sind noch nicht vorhanden, weil der Sollwertsteller zuvor auf »0« gestellt wurde. Nun wird der Sollwertsteller vorsichtig etwas höher gedreht. Bei ca. 1–2 Volt negativ am Ausgang 6 erscheinen schmale Impulse auf dem zweiten Strahl des Oszilloskops. Diese müssen positiv sein und während der positiven Halbwelle auftreten. Sind sie negativ, so sind die Anschlüsse von Triggertrafo von Katode und Anode zu vertauschen. Stimmt die Phasenlage nicht, so sind die Anschlüsse des Netztrafos 1 zu vertauschen. Nun kann der Sollwertsteller höher gestellt werden. Die Impulse werden breiter und der Anfang schiebt sich nach links. Durch das frühere Zünden der Thyristoren leuchtet die Lampe heller.
Vor dem nun folgenden Anschluß des Transformators muß zunächst erst die Balance mit dem Trimmer 3 eingestellt werden, da bei Unsymmetrie der Trafo sehr heiß wird. Dies geschieht durch Anschluß des Oszilloskops an je eine Anode der Thyristoren an je einen Strahleingang. Bei unruhigem Arbeiten der Schaltung kann der Integrationskondensator C kleiner oder größer gemacht werden. Dies ist von Fall zu Fall unterschiedlich.
Bei Schaltung 63 ist es besser, zunächst einen Thyristor einzulöten und zu messen. Wenn die Phasenlage und die Impulsrichtung stimmen, so wird der erste Thyristor ausgelötet und der zweite in Betrieb genommen. Die Phasenlage stimmt hierbei, doch muß auf die Impulspolarität des Zündübertragers geachtet werden.
Da Motoren höherer Leistung einen sehr geringen ohmschen Widerstand besitzen, so reagieren diese auf pulsierende Gleichspannungen mit hoher Stromaufnahme. Hier hilft eine entsprechende Drossel mit Luftspalt. So wurde für einen 1-kW-Motor eine Drossel mit 550 Windungen auf EJ-Kern 130 A, Drahtdurchmesser 2 mm und Luftspalt 2 mm für ausreichend befunden. Es würde in diesem Rahmen zu weit führen, alle Drosseln nach Induktivität und Leistung angeben zu wollen. Es kommt auch auf den Motor an und auf die Schaltung des Motors (Reihenschluß, Nebenschluß, Fremderregung, Verbundmotor).
Der Autor ist hier gerne bereit, entsprechende Auskunft zu erteilen.
Bei Betrieb mit Transformatoren kann es erforderlich sein, in Reihe zum Trafo einen niederohmigen Widerstand entsprechender Leistung zu schalten. Dadurch arbeitet die Schaltung etwas »weicher«.
Die beiden Schaltungen 62 + 63 lassen sich von 0 bis 99% regeln.

## Netzgerät mit Impulsbreitenregelung

Im allgemeinen sind Netzgeräte so aufgebaut, daß im Längstransistor die nicht erwünschte Spannung abfällt. Bei höheren Strömen führt dies zu beachtlichen Wärmeentwicklungen, die durch entsprechende Kühlkörper abzuleiten sind. Für viele Anwendungen kann man die Spannung dadurch regeln, daß man die Gleichspannung in Impulse hoher Frequenz und unterschiedlicher zeitlicher Breite zerhackt und danach mit einem Integrator, bestehend aus einem Widerstand oder besser einer Drossel und einem Kondensator, wieder zu Gleichspannung macht. Die nachfolgende Schaltung besteht im wesentlichen aus einem Impulsgenerator, bei dem die positiven Impulse mit einem Poti als Differentialregler von 0 bis max. gestellt werden können. Die Frequenz bleibt hierbei fast gleich, was die Bestimmung des Integrators erleichtert. Die zweite Stufe wird von den Transistoren gestellt, die nur als Schalter arbeiten und somit nur die Sättigungsspannung bei dem entsprechenden Strom in Wärme umwandeln. So ist es in vielen Fällen z. B. mit dem ZN 2955 als Lastschalter 5 A Gleichstrom mit nur einem Fingerkühlkörper als Kühlung zu entnehmen. Die Wärmeleistung beträgt dann im Mittel 5 A · 1,1 V Sättigungsspannung = 5,5 W.

Da Fingerkühlkörper einen Wärmewiderstand von 7° pro W haben, so erwärmt sich der Kühlkörper auf ca. 38° + Raumtemperatur ca. 60 °C. Je nach Verwendung der zerhackten Gleichspannung kann auf den Glättungskondensator und

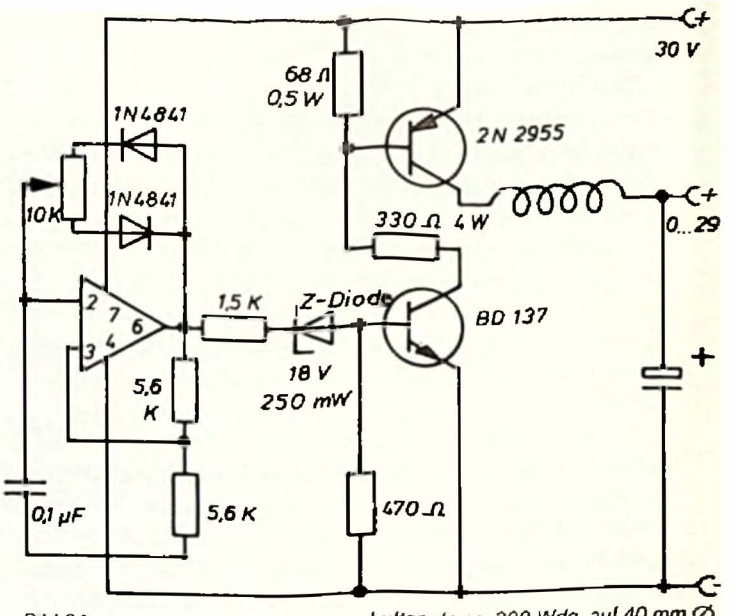



Bild 64

Luftspule ca. 300 Wdg. auf 40 mm Ø mit 1,25 mm CuL

eventuell sogar bei Motoren auf die Drossel verzichtet werden. Bei einer Frequenz von 10 kHz kann der Kondensator $^1/_{100}$ so groß sein wie bei der gleichen Glättung bei Doppelweggleichrichtung auf 50 Hz Wechselstrom. Dies gilt allerdings nur für die halbe Spannung. Bei kleinerer Spannung wird das Verhältnis ungünstiger und bei höherer Spannung günstiger.

## Stabilisierte Spannungsquelle 0 bis 60 V

Eines der größten Probleme beim Bau von Netzgeräten mit großer Leistung und großem Regelbereich besteht in der Abführung der Verlustwärme der Transistoren. Bei dem hier gezeigten Netzgerät können alle Transistoren auf einen Kühlkörper gesetzt werden. Der Wärmewiderstand darf nur 0,5 °C pro Watt betragen. Die Belastung des Netzgerätes darf bei niedriger Spannung nur 1,5 A und bei höchster Spannung 5 A betragen.

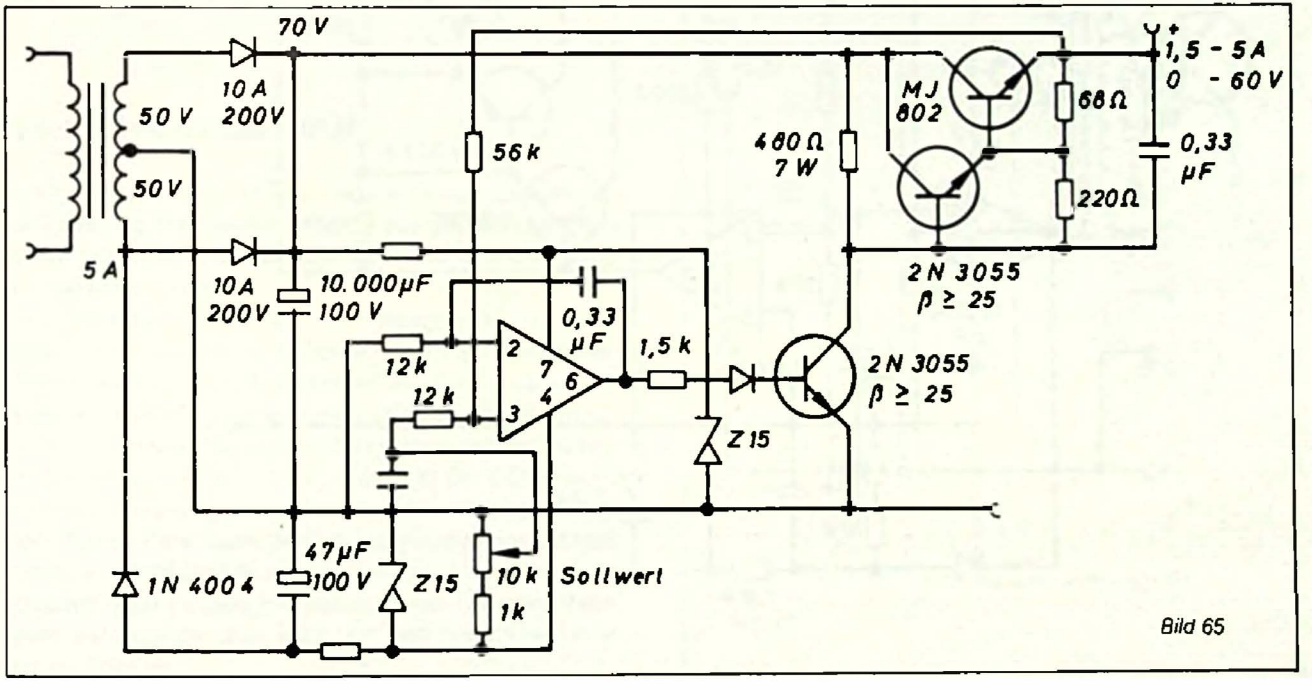



Bild 65

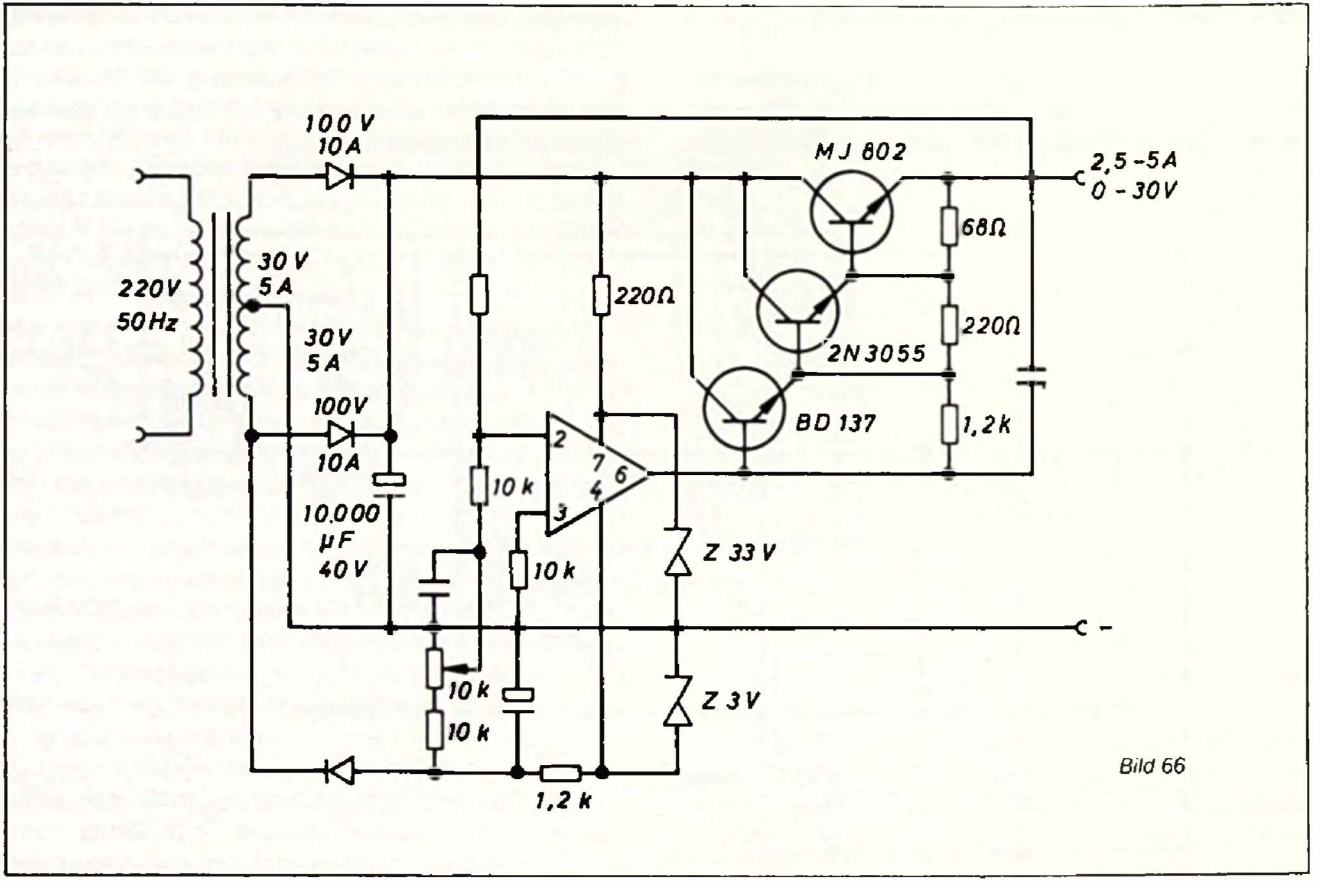

100 V
10A
MJ 802
2,5 -5A
0 - 30V
68Ω
220Ω
220Ω
2N3055
BD 137
1,2k
30 V
5A
220V
50Hz
30V
5A
100V
10A
10 k
10.000
µF
40V
10 k
Z 33 V
10 k
10 k
Z 3V
1,2 k
2
7
6
4
3
-

Bild 66

## Stabilisierte Spannungsquelle 0 bis 30 V, 5 A

Bei diesem Netzgerät werden die Transistoren direkt vom 741 angesteuert. Die Wärmeabführung sollte mit einem Kühlkörper von $R_{th}$ 1 W/°C ausreichend sein, da der Leistungstransistor UJ 802 max. 30 A, 200 W Verlustleistung und eine max. Temperatur von 200 °C hat.

## Variable Referenzspannung

Im allgemeinen liefern Referenzspannungsquellen eine feste Spannung. Die Schaltung Bild 67 liefert eine einstellbare Referenzspannung, die zwischen Leerlauf und Belastung (10 mA) konstant bleibt.
Die Z-Diode kann auch andere Spannungen haben, jedoch ist der Temperaturdrift bei Z-Dioden um 5 V am niedrigsten. Werden sehr hohe Anforderungen an die Konstanz der Spannung gestellt, so sind Referenzdioden anstelle der Z-Diode einzusetzen. Bei starken Schwankungen der Versorgungsspannung ändert sich der Strom in der Z-Diode und somit auch geringfügig die Spannung. Eine stromstabilisierende Schaltung anstelle des 3,9-k$\Omega$-Widerstandes schafft Abhilfe (in der Zeichnung rechts oben). Im übrigen hängt die Konstanz der Schaltung in erster Linie vom Temperaturverhalten der Z-Diode, aber auch von dem der Widerstände und der Potis ab.

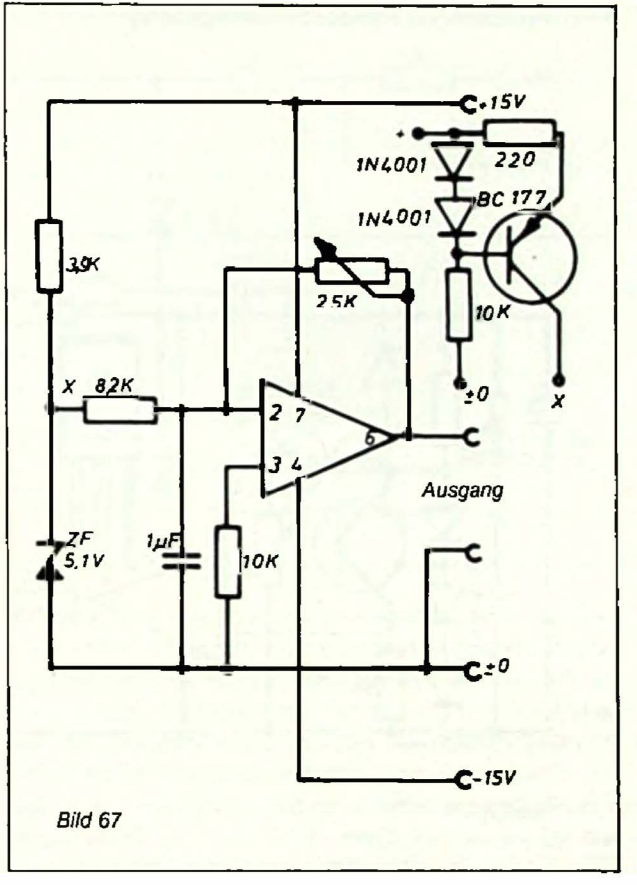


Bild 67

## Thermostatische Proportionalregelung

Wasserbäder oder chemische Bäder, die genau auf Temperatur gehalten werden sollen, können mit Thermostaten im An-Aus-Betrieb geregelt werden. Hierbei tritt jedoch eine Hysterese ein, und die Badtemperatur schwankt. Bei der Proportionalregelung ist die Temperaturgenauigkeit mindestens um eine Zehnerpotenz besser.

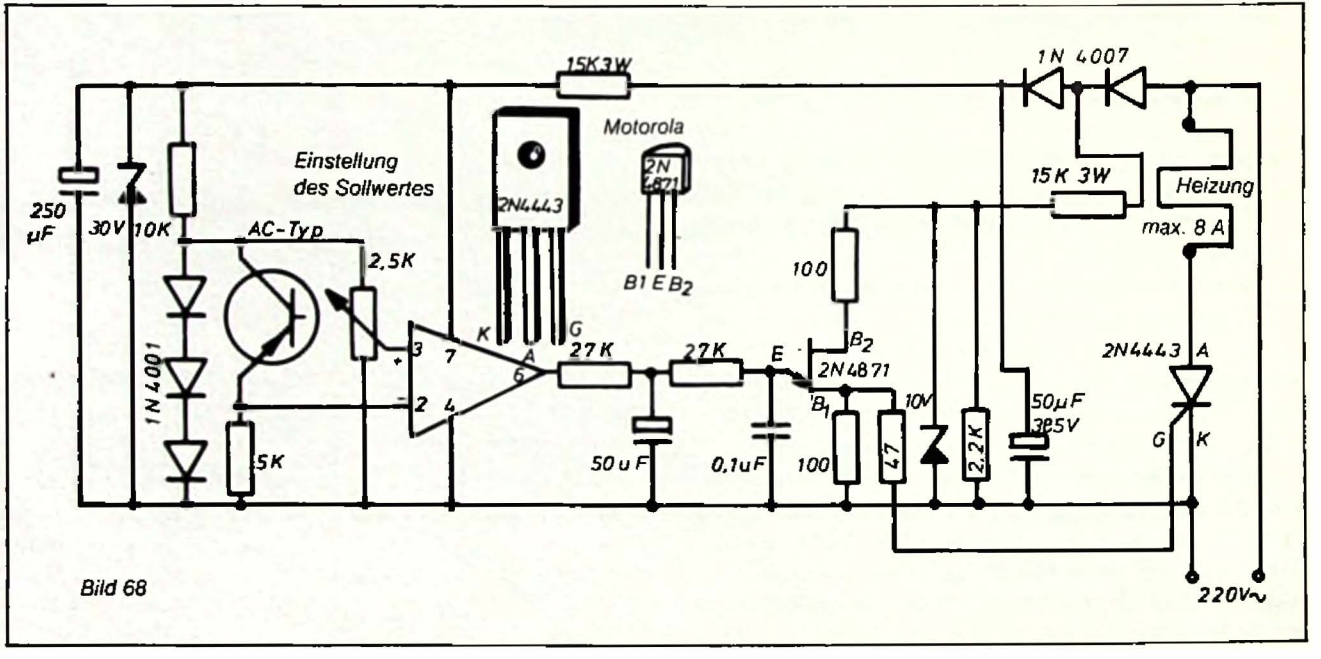



Bild 68

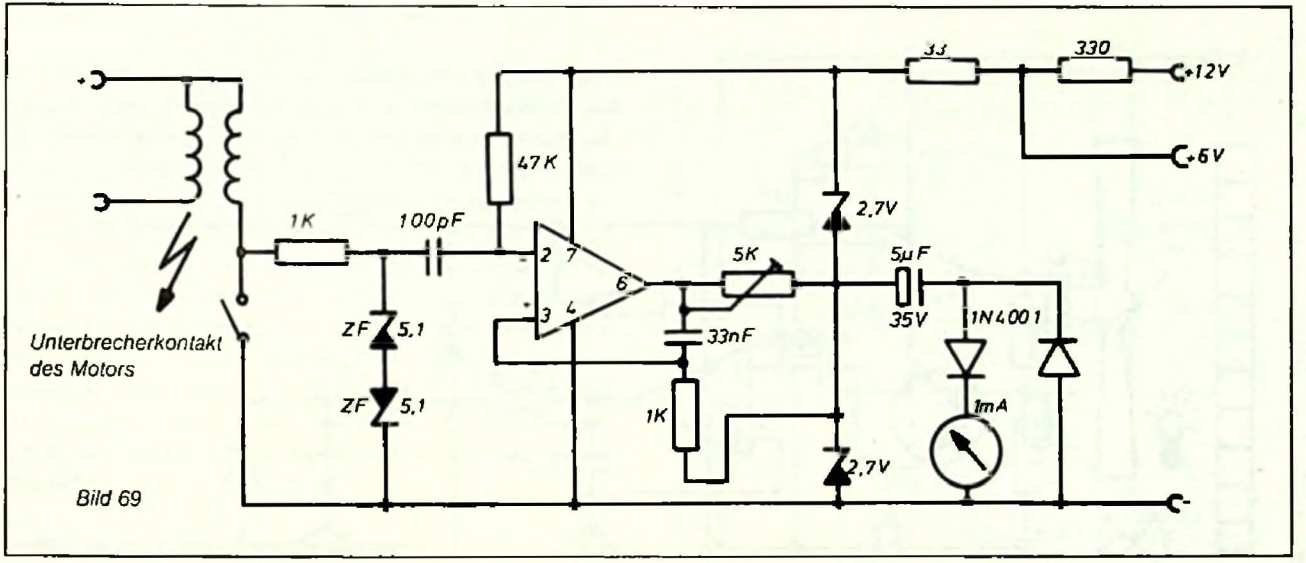



Bild 69

## Drehzahlmesser für Ottomotoren

Der Drehzahlmesser für Ottomotoren besteht im wesentlichen aus einer monostabilen Kippstufe. Wegen der notwendigen Temperaturkonstanz ist ein IC besser geeignet als eine Schaltung mit Transistoren. Der Unterbrecherkontakt gibt einen Impuls über den Kondensator 100 pF auf eine monostabile Kippstufe. Die Zeit pro Impuls ist frequenzunabhängig. Die einzelnen Impulse werden am Meßinstrument addiert und geben eine analoge Anzeige proportional zur Drehzahl des Motors. Die Eichung der Drehzahl geschieht durch Verändern des Trimmers 5 kΩ in der Weise, daß der Drehzahlmesser an den Rechteckgenerator lt. Schaltung 34 angeschlossen wird. Hierbei ist zu beachten, daß ein 4-Takt-Motor bei jeder 2. Umdrehung pro Zylinder 1 Impuls liefert. Bei 4 Zyl. 4 Takt also 2 Impulse pro Umdrehung, das sind bei 3000 Umdr./Min. 100 Hz.

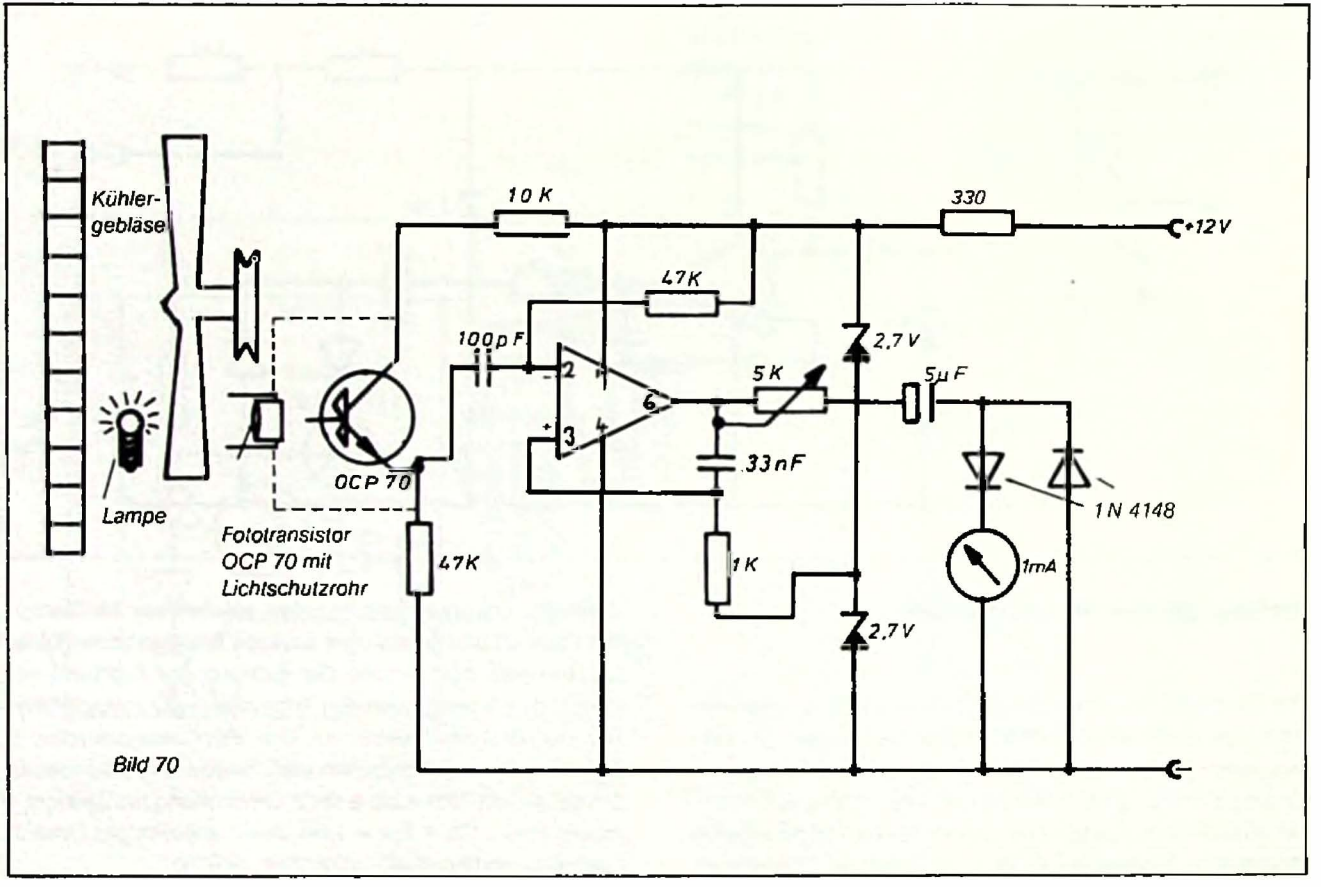

Kühler-
gebläse
Lampe
Fototransistor
OCP 70 mit
Lichtschutzrohr
OCP 70
10 K
47K
100pF
47K
330
+12V
2,7V
5K
5µF
33nF
1K
2,7V
1N 4148
1mA

Bild 70

## Drehzahlmesser für Dieselmotoren

Für Ottomotoren sind Drehzahlmesser schon seit langem bekannt. Aber ebenso wichtig ist die Drehzahlmessung bei Dieselmotoren, weil bei Talfahrten der Motor zu schnell drehen kann und dabei in kurzer Zeit zerstört wird. Beim Ottomotor wird der Impuls zum Monoflop vom Unterbrecherkontakt abgenommen. Das ist beim Dieselmotor nicht möglich, da er ja bekanntlich keine Zündanlage wie der Ottomotor besitzt. Bei der Schaltung Nr. 70 ist ein Fototransistor eingebaut, der von einem kleinen 12-V-Lämpchen beleuchtet wird. Der Kühlventilator unterbricht den Lichtstrahl, und so werden Impulse erzeugt, die der Drehzahl proportional sind. Die Eichung erfolgt wie bei Schaltung Nr. 69, wobei zu beachten ist, wieviel Flügel der Ventilator hat und wie die Übersetzung ist.

## Taktgeber für Warnblinkanlagen

Vom Gesetzgeber sind für Warnblinkanlagen gleichbleibende Frequenzen angegeben, die mit Transistorschaltungen wegen des Temperaturdriftes bei allen vorkommenden Temperaturen kaum eingehalten werden können. Da ICs einige Zehnerpotenzen besser im Temperaturverhalten sind, so ist die Schaltung Nr. 71 bestens für diesen Zweck geeignet. Eine Stabilisierung der Versorgungsspannung ist nicht erforderlich, da die Zeit nur von dem Kondensator 50 $\mu$F und dem Trimmer 50 k$\Omega$ abhängt.

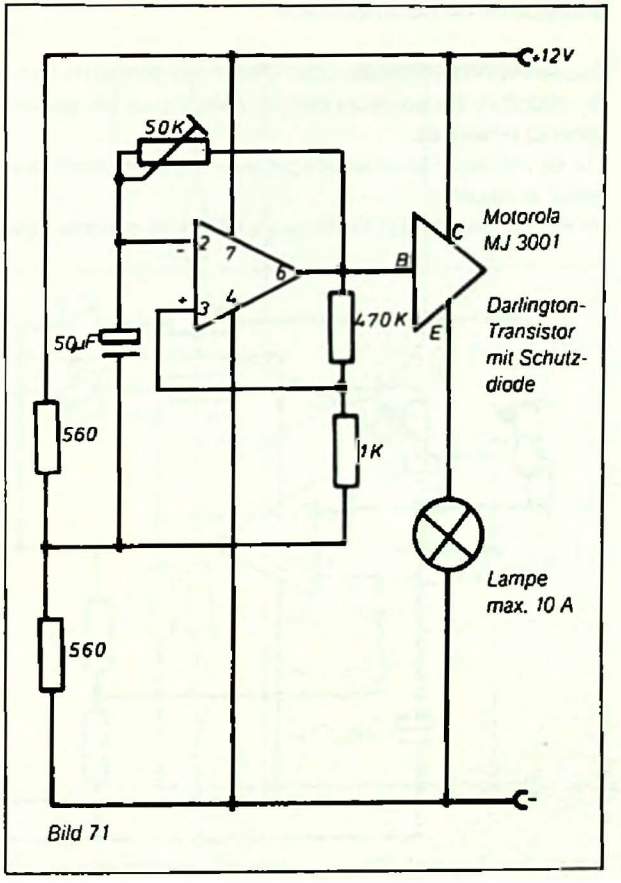



Bild 71

## Scheibenwischerautomatik

Scheibenwischerzeitrelais oder -Automatiken sind im Handel erhältlich. Es wurde zu diesem Zweck auch ein besonderer IC entwickelt.
Für den Amateur ist es jedoch preiswerter, Intervallschalter selbst zu bauen.
Im Prinzip besteht das Gerät aus einem unsymmetrischen Multivibrator, der mit der großen Kapazität des zeitbestimmenden Kondensators betrieben wird.

Da sich die Einschaltzeit und die Ausschaltzeit getrennt regeln lassen, so ist es möglich, den Scheibenwischer einige Takte hintereinander arbeiten zu lassen. Dies ist zweifellos von Vorteil gegenüber einer Schaltung, die immer nur einen Takt auslöst.

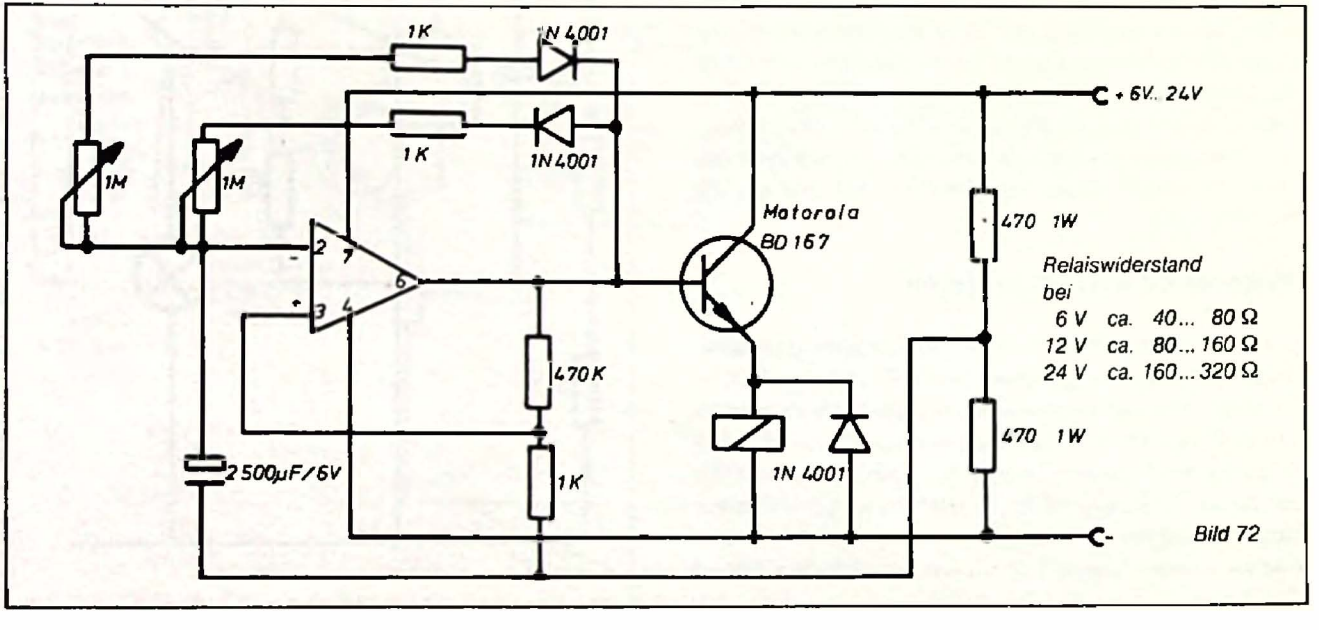



Bild 72

## Berührungsschalter

Schaltvorgänge lassen sich durch das Berühren der Kontakte $K_1$ und $K_2$ auslösen. Da der Übergangswiderstand der Fingerspitze zu zwei nebeneinander liegenden Kontakten ca. 50 k$\Omega$ beträgt, so wird Anschluß 3 des IC positiv gegenüber 2, der an Mittelspannung liegt. Der Ausgang 6 wird ebenfalls positiv und BC 340 durchgesteuert.
Das Relais zieht an, solange der Finger die Kontakte gleichzeitig berührt.
Der 10-M$\Omega$-Widerstand von 6 nach 3 gibt der Schaltung Schmitt-Trigger-Eigenschaft. Bei Netzbetrieb genügt schon das Berühren des Kontaktes $K_2$; auf $K_1$ kann verzichtet werden.

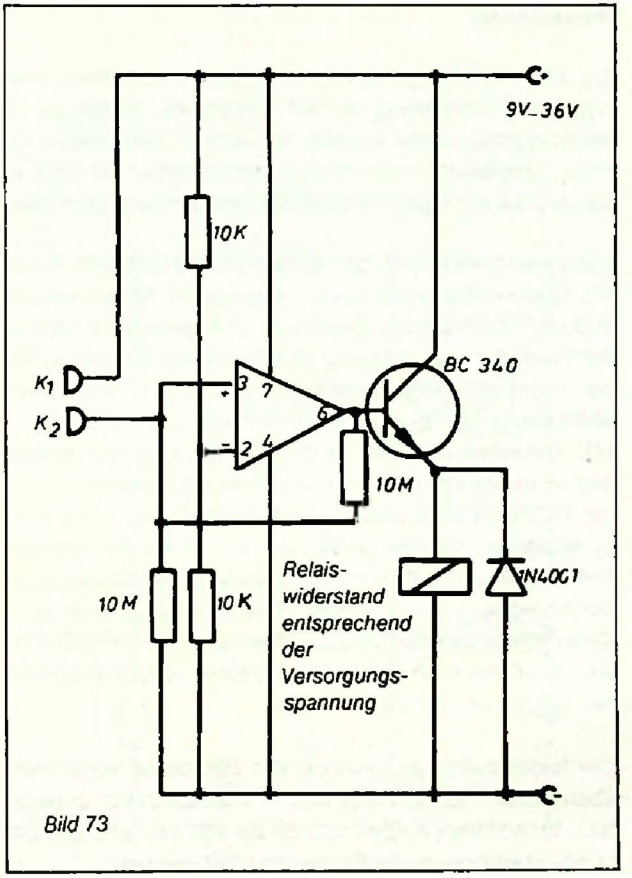



Bild 73

## Stroboskop

Zur Ermittlung unbekannter Drehzahlen von Maschinen oder zur Beobachtung schnell ablaufender Vorgänge an Werkzeugmaschinen werden seit Jahren Stroboskope mit Erfolg eingesetzt. In den letzten Jahren haben die Stroboskope auch in einigen Tanzlokalen Verwendung gefunden.

Für diesen Zweck genügen einfachere Schaltungen, die an die Frequenzkonstanz keine besonderen Anforderungen stellen. Für technische Zwecke ist eine genaue Einhaltung der Frequenz entscheidend, da sonst keine stehenden Bilder eingestellt werden können. Der mit dem IC aufgebaute Multivibrator liefert eine konstante Frequenz, die am Poti 1 MΩ eingestellt wird. Um Brummeinstreuungen zu vermeiden, ist es ratsam, den IC abgeschirmt aufzubauen.
Als Blitzlampe kann jede handelsübliche Type, die für stroboskopische Zwecke geeignet ist, verwendet werden. Fotoblitzlampen, die im Versandhandel als Stroboskoplampen angeboten werden, haben nur eine sehr kurze Lebensdauer von 10 Minuten bis 2 Stunden und sind deshalb nicht so billig wie eine Stroboskoplampe für ca. 25 bis 35 DM mit ca. 100 bis 300 Std. Lebensdauer.

Die höchstzulässige Leistung der Blitzlampe sollte nicht überschritten werden und wird in Wattsekunden angegeben. Es werden Lampen von 50 bis 400 Ws gefertigt. Die Leistung kann nach der Formel ermittelt werden:

$$N_{Ws} = \frac{U}{2} \cdot C_{Farad} \cdot f$$

Für die Schaltung 74 sind folgende Werte einzusetzen:

U = 620 V
$C_F$ = 0,00001 Farad
= 10 µF
f = Blitzfrequenz
z. B. 25 Blitze pro sec.

Die Leistung N ist dann

$$\frac{620 \cdot 620}{2} \cdot 0{,}00001 \cdot 25 \approx 50 \text{ Ws}$$

Da die Schaltung mit Spannungsverdopplung arbeitet und direkt am Netz betrieben wird, so darf unter keinen Umständen unter Spannung gearbeitet werden. 620 V Gleichspannung sind lebensgefährlich! Das Gehäuse muß geerdet sein und der Aufbau den VDE-Vorschriften entsprechen. Die Achse des Potis ist mit Isolierstoff, evtl. PVC oder Plexiglasstab zu verlängern, um beim Defektwerden des Potis gefährliche Berührungsspannungen zu vermeiden.

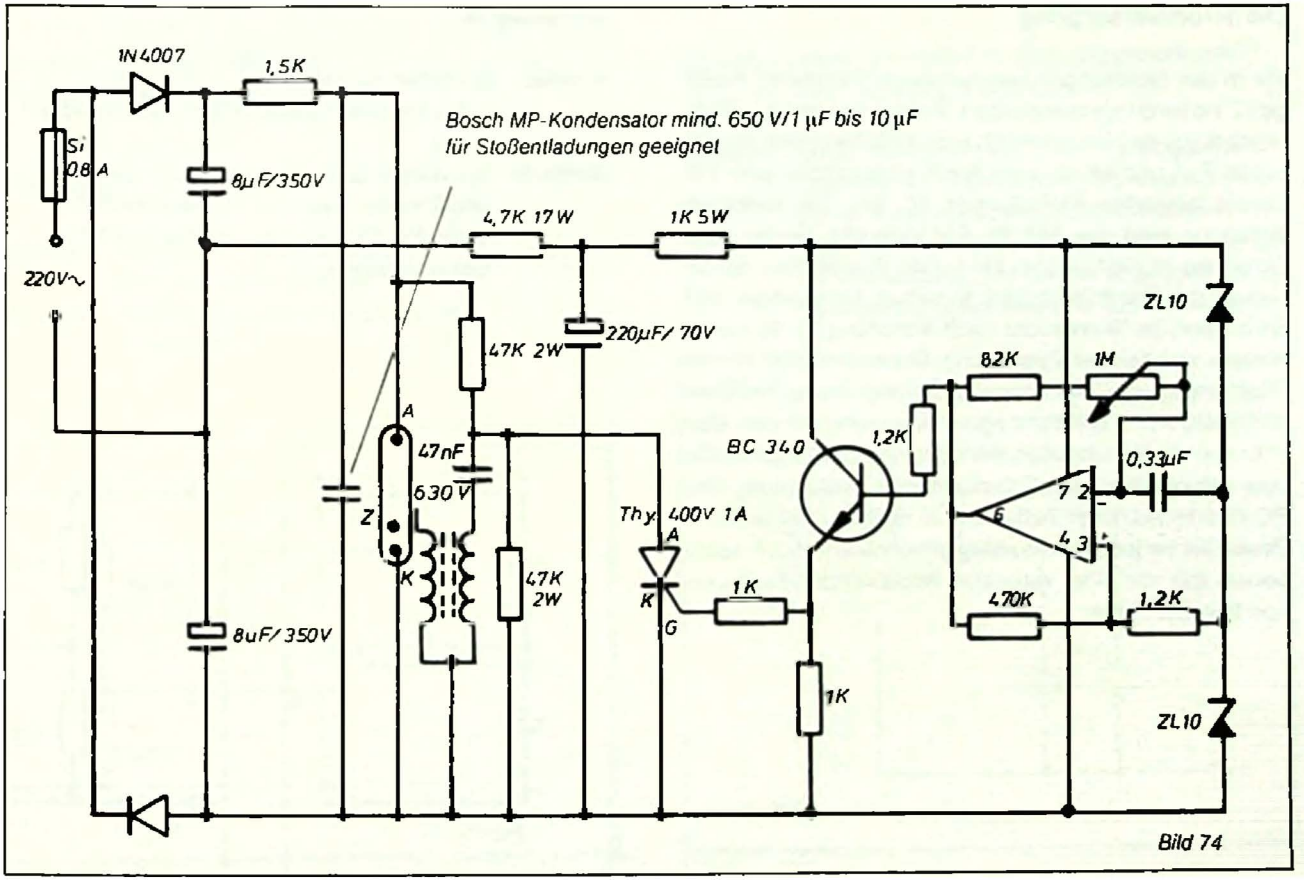

1N4007
1,5K
Si
0,8A
220V~
8µF/350V
Bosch MP-Kondensator mind. 650 V/1 µF bis 10 µF
für Stoßentladungen geeignet
4,7K 17W
1K 5W
220µF/ 70V
47K 2W
A
47nF
630V
Z
K
47K
2W
8uF/ 350V
Thy 400V 1A
A
K
G
1K
BC 340
1,2K
1K
8,2K
1M
0,33µF
7
2
6
4
3
470K
1,2K
ZL10
ZL10

Bild 74

## Die Stromversorgung

Die in den Schaltungen beschriebenen Verstärker benötigen 2 Versorgungsspannungen. Wegen der geringen Belastung durch den Baustein läßt sich die Mittelspannung zwischen Plus und Minus auch durch Widerstände oder 2 Z-Dioden herstellen (Schaltungen 76, 80). Die einfachste Schaltung zeigt das Bild 75. Für Versuche genügt diese Schaltung im allgemeinen, bis auf die Ausnahmen, bei denen auf die Stabilisierung der Schaltung hingewiesen wird. So arbeitet die Wienbrücke nach Schaltung Nr. 32 nur mit bestens stabilisierter Versorgung. Musikverstärker können Rückkoppelungen mit Rumpelgeräuschen bis zu Pfeiftönen erzeugen, wenn die Versorgungsspannung für den Baustein von der Versorgungsspannung des Leistungsverstärkers entnommen wird. Entsprechende Entkopplung über RC-Glieder mit hoher Zeitkonstante ist dann erforderlich. Besser ist es jedoch, ein völlig getrenntes Netzteil aufzubauen, das von einer separaten Wicklung des Trafos gespeist werden kann.

### Schaltung 75

Vorteile: Einfacher Aufbau;
keine Brummüberlagerung, da Batteriespannung.

Nachteile: Schwankende Spannung je nach Belastung und Alter der Batterien. Im Dauerbetrieb teuer. Nur für Versuche und transportable Geräte geeignet.

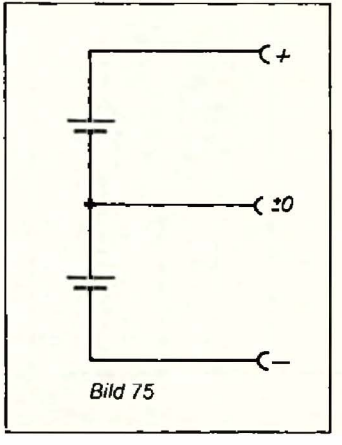


Bild 75

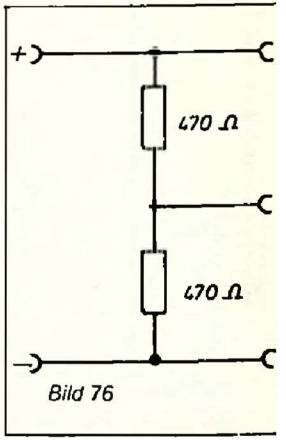


Bild 76

**Schaltung 76**

Vorteile: Einfache Schaltung
Nachteile: Hoher Stromverbrauch

**Schaltung 77**

Vorteile: Geringer Stromverbrauch, für Batteriebetrieb geeignet.
Nachteile: Höherer Materialaufwand als bei Schaltung 76.

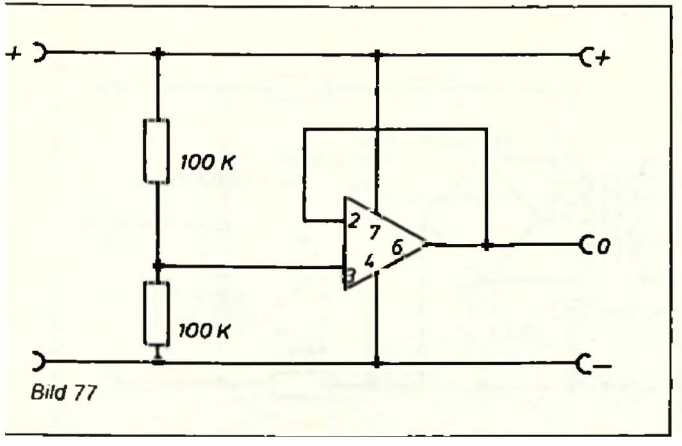


Bild 77

**Schaltung 78**

Vorteile: Wenig Bauteile. Trafo evtl. Klingeltrafo mit einer Wicklung erforderlich.

Nachteile: Hohe Restwelligkeit, da Einweggleichrichtung evtl. für positive bzw. negative Spannungen je 1 weiterer Elko mit Siebwiderstand oder Stabilisierung mittels 2 Dioden erforderlich. Die Stromentnahme darf bei der angegebenen Dimensionierung der Elkos ca. 50 mA betragen.

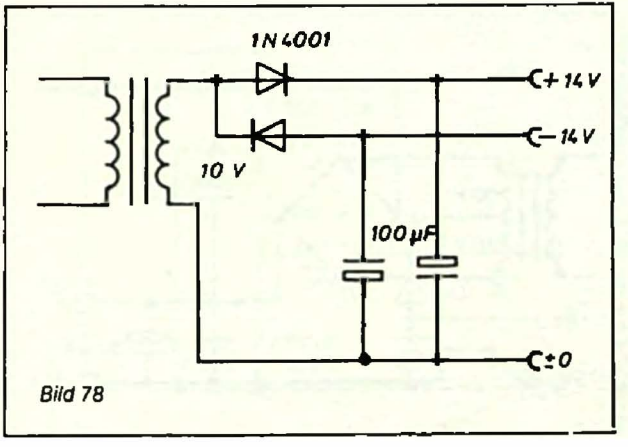


Bild 78

**Schaltung 79**

Vorteile: Zweiweggleichrichtung erfordert gegenüber Schaltung 78 kleinere Elkos bei gleicher Belastung und gleicher zugelassenen Restwelligkeit. Mit größeren Elkos und entsprechendem Brückengleichrichter ist diese Schaltung für Ströme bis 10 A geeignet. Selbstverständlich ist der Trafo dann auch für diese Belastung zu wählen.

Nachteile: Trafo mit 2 gleichen Sekundärwicklungen erforderlich.

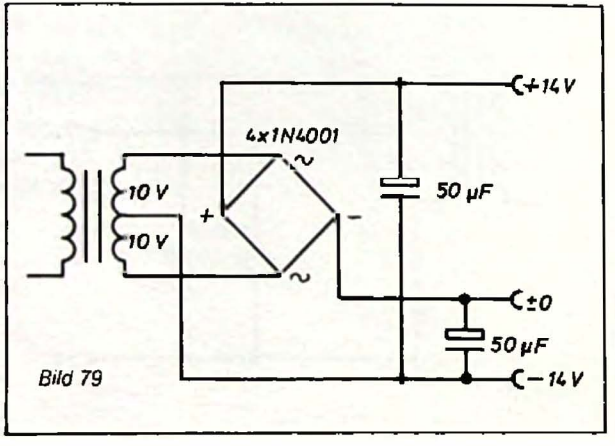


Bild 79

**Schaltung 80**

Vorteile: Trafo mit 1 Wicklung. Nur 1 Elko erforderlich. Spannung für die meisten Schaltungen ausreichend stabil.

Nachteile: Der ± 0-Leiter ist nur gering belastbar (ca 20 mA); Schaltung höchstens für 2 IC ausreichend.

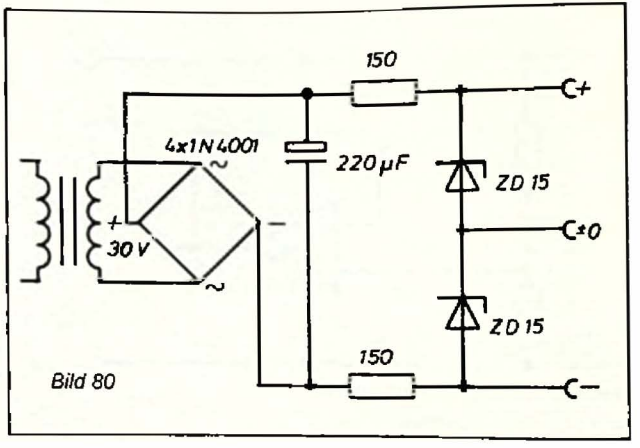


Bild 80

**Schaltung 81**

Vorteile: Gegenüber Schaltung 80 billiger im Aufbau.

Nachteile: Spannungen nicht stabilisiert und Nachteile der Schaltung 80.

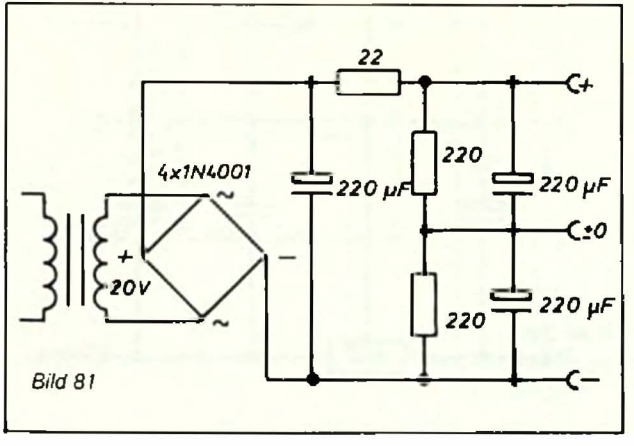


Bild 81

**Schaltung 82**

Vorteile: Trafo bei vorhandener Gleichspannung, z. B. 200 V in Röhrenverstärkern, nicht erforderlich.

Nachteile: Nur für 1 bis 2 IC geeignet, z. B. Mikrofonverstärker.

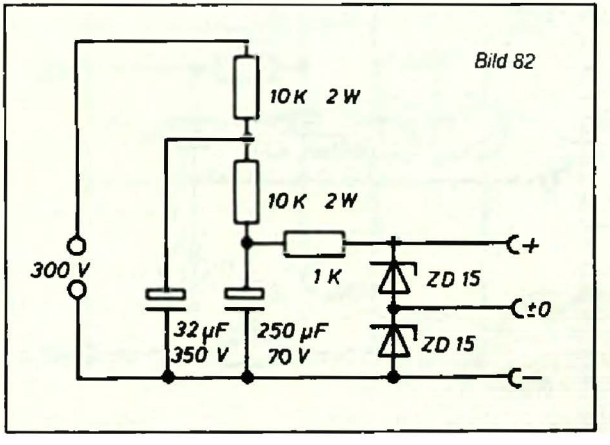


Bild 82

## Schaltung 83

Stromversorgung bei Schaltungen, die direkt am Netz betrieben werden.
Vorteile: kein Trafo.
Nachteile: Schaltung liegt am Netzpotential.

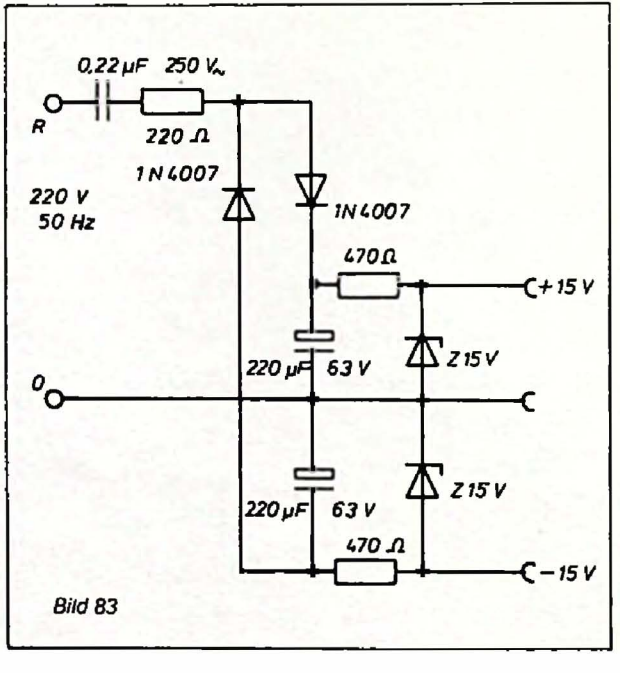


Bild 83

## Schaltung 84

Hochwertige Stabilisierung mit integrierten Konstanthaltern

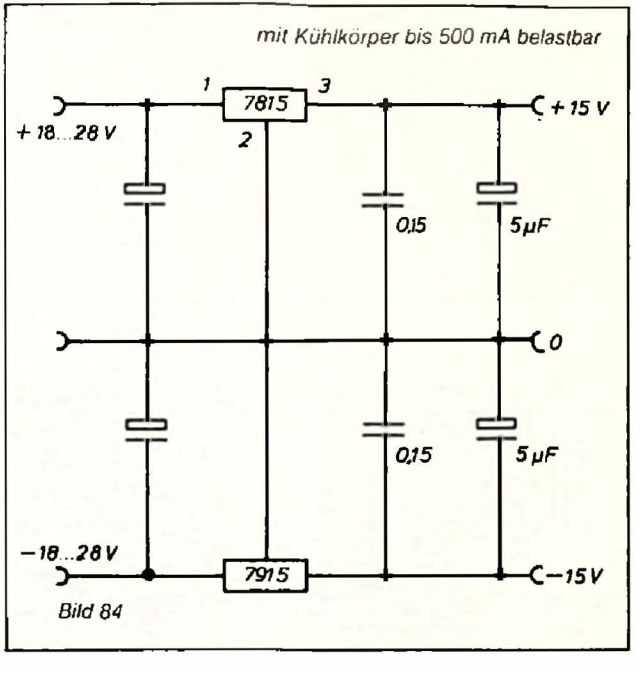


Bild 84

## Impulsgeber für kleine Vibratoren

Um aus kleinen Vibratoren hohe Beschleunigungswerte bei geringer Erwärmung zu erreichen, wurde die Schaltung nach Bild 85 entworfen. Sie hat noch den Vorteil der stufenlosen Frequenzregelung und der stufenlosen Intensitätseinstellung.

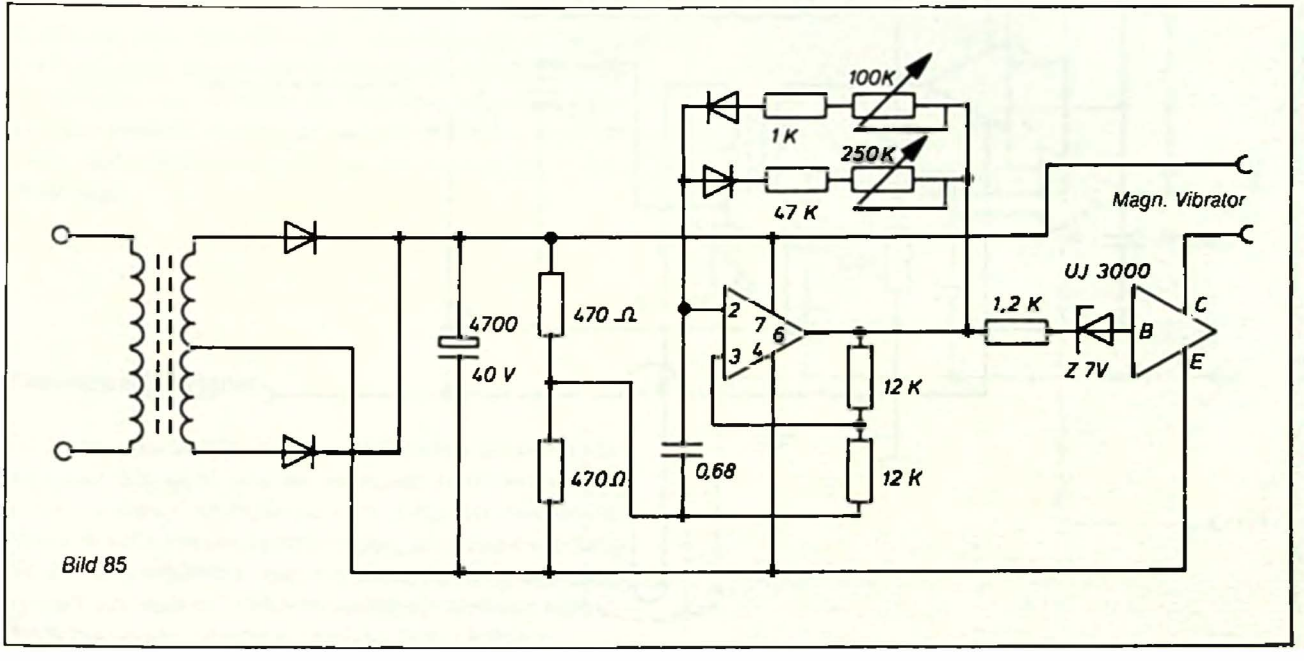



Bild 85

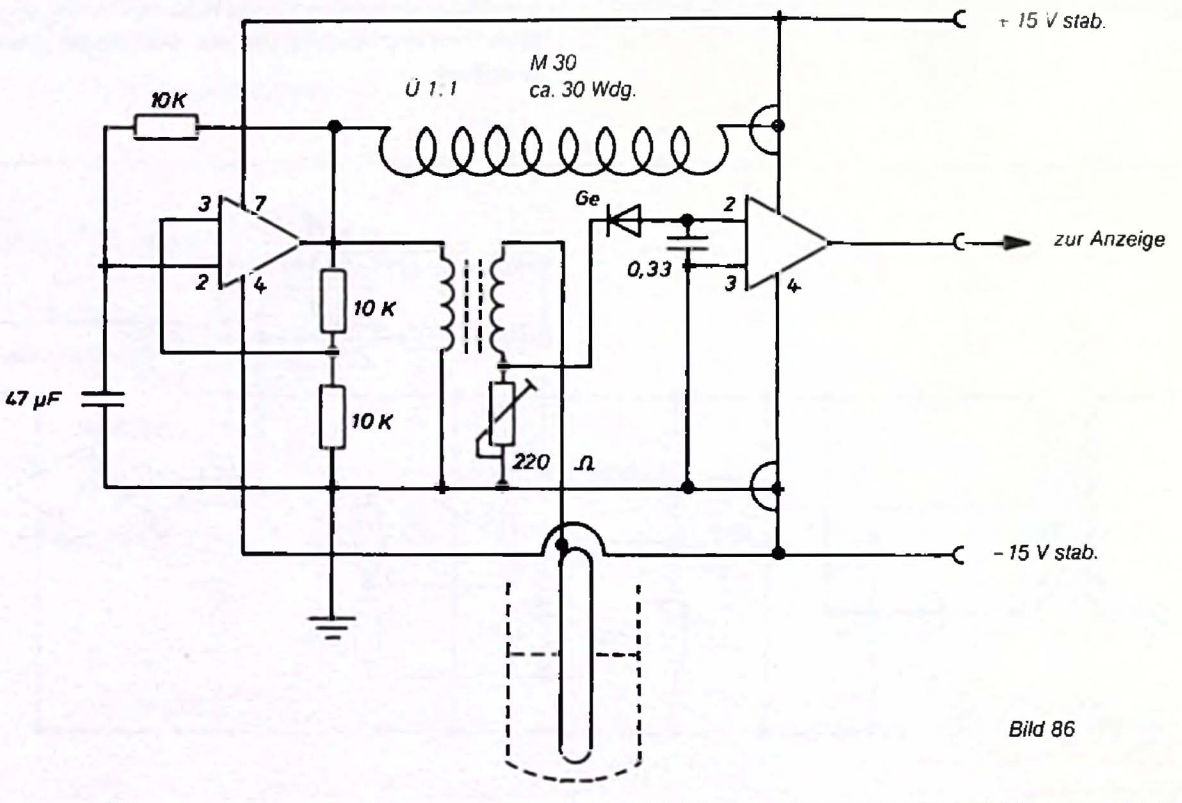

+ 15 V stab.
M 30
Ü 1.1
ca. 30 Wdg.
10K
3
7
2
4
Ge
2
0,33
3
4
zur Anzeige
10 K
10 K
47 µF
220 Ω
- 15 V stab.

Bild 86

## Niveaugeber für Brunnen und Behälter

Um Brunnen vor Trockenlauf zu schützen und zur Beobachtung des Grundwasserspiegels wurde eine Meßeinrichtung von großer Einfachheit und hoher Zuverlässigkeit entwikkelt. Der erste IC arbeitet als Multivibrator und liefert eine Frequenz von ca. 1000 Hz. Ein mit Siliconkautschuk isoliertes Kabel dient als kapazitiver Meßfühler. Mit dem zweiten IC wird der Strom gemessen, der in das Kabel fließt. Dies ist das Maß für den Wasserstand. Natürlich lassen sich mit dieser Methode auch Behälter für Wasser oder andere Flüssigkeiten messen. Wichtig ist, daß das Meßkabel nirgends anliegt und möglichst weit von der Außenwand frei im Behälter liegt.

## Analogwertspeicher

Oft ist es erforderlich, mehrere Meßstellen nacheinander auf einen Schreiber oder ein Meßgerät zu geben, und es stehen zu wenig Leitungen zur Verfügung. Der gemessene Wert z. B. nach Schaltung 86 wird über ein Kabel 1 sec. lang zur Zentrale gesendet. Hier soll dieser Wert gespeichert werden, bis nach ca. 1 Minute wieder ein Meßwert kommt. Die Schaltung 87 arbeitet mit dem MOS IC LF 357.

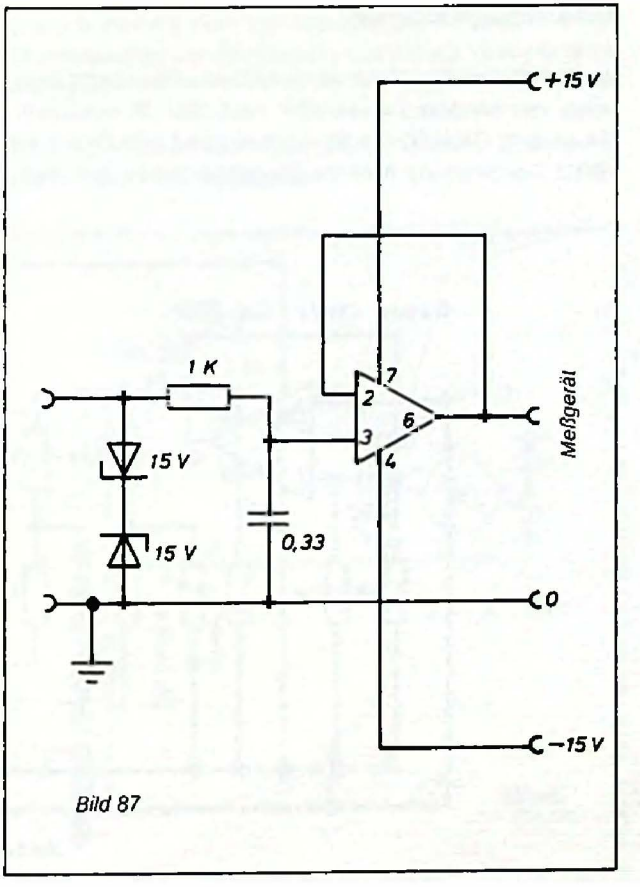



Bild 87

## Annäherungsschalter

Um Behälter mit Schüttgut vor dem Überlaufen zu schützen, wurde der Annäherungsschalter nach Bild 88 entwickelt. Der erste IC CA 3000 von RCA schwingt mit dem Quarz auf 1 MHz. Der Strom zur Antenne, die nur 15 cm lang sein muß, wird mit dem Strom des Trimmers verglichen. Befindet sich Schüttgut an der Antenne, so wird das Gleichgewicht gestört und der 2. IC kippt in die andere Richtung. Damit wird dann die Leuchtdiode als Anzeige zum Leuchten gebracht. Es kann auch ein Relais in bekannter Weise angesteuert werden.

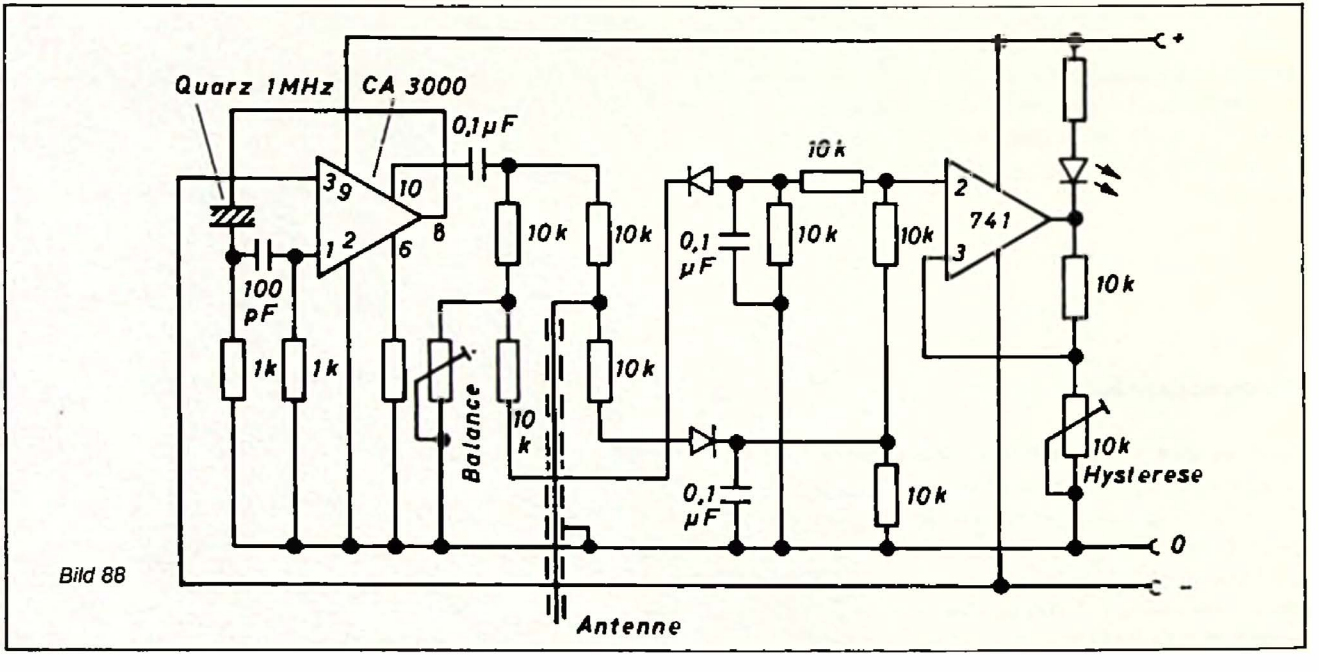



Bild 88

**Leistungsmeßgerät für Musikverstärker**

Diese Schaltung dient zur Messung der Leistung von Musikverstärkern. Die Eingangsfrequenz muß 1000 Hz sinus betragen.

Wegen des besseren Frequenzverhaltens wird anstelle des IC 741 der IC 709 verwendet.

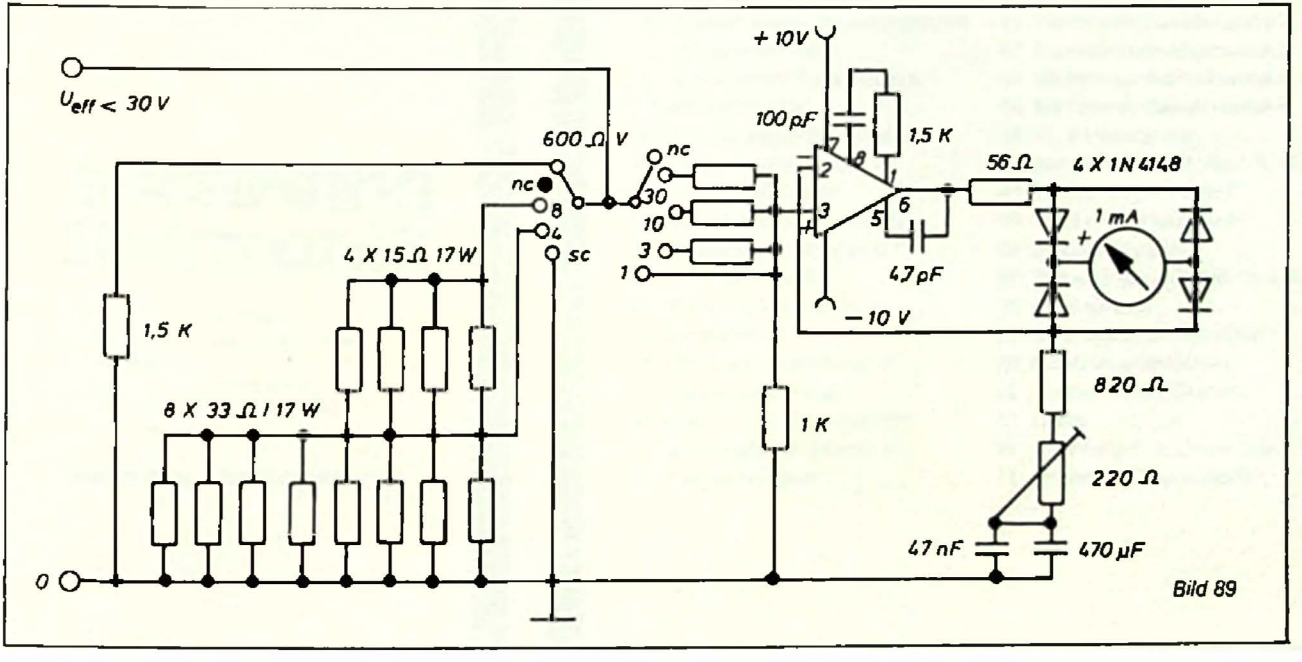



Bild 89

# Buchreihe Elektronik

Jeder Band ca. 80 Seiten,
ca. 30 Zeichnungen, Fotos oder Schaltbilder.
Doppelband ca. 120 Seiten,
ca. 80 Zeichnungen, Fotos oder Schaltbilder

**Frech-Verlag, 7000 Stuttgart**

**2 35 Halbleiter-Schaltungen**
**3 36 Halbleiter-Schaltungen**
**4 Meß- und Prüfgeräte**
**5 Transistoren – neu angewandt**
**6 37 Transistoren**
**7 Thyristoren/Transistoren**
**9 NF-Verstärker**
**10 38 Transistor-Schaltungen**
**11 Antennenverstärker**
**15 Digital-Elektronik**
**19 Schalten und Verstärken**
**20 Messen an Halbleitern**
**21 Auto-Elektronik**
**26 Moderne Bauelemente**
**28 Minispione I**
**30 Lineare und digitale I.S.**
**31 Impulsschaltungen**
**32 Dioden und Gleichrichter**
**33 Schwingkreis-Tabellen**
**35 Stereo-Anlagen**
**37 Elektronische Warngeräte**
**39 Netzgeräte-Baubuch**
**40 Elektronik-Bauelemente 1**
**41 Elektronik-Bauelemente 2**
**42 Elektronik-Bauelemente 3**
**43 Elektronik-Bauelemente 4**
**44 Elektronik-Bauelemente 5**
**45/46 Minispione II**
**47 Schaltungen mit dem IC 741**
**48 Triacs, Thyristoren 1**
**49 Triacs, Thyristoren 2**
**54 Heimelektronik**
**57 Schaltungen für KW-Amateure**
**58 Oszillatoren**
**59 Gedruckte Schaltungen**
**60 Elektronik-Rechnen**
**62 Elektronik-Diagramme**
**63 Laser**
**67 Schaltalgebra/Dualzahlen**
**71 Feldeffekt-Transistoren**

73 Steuer- und Regelschaltungen
74 Analoge u. digitale Schaltungen
78 Electronic-Hits
79 Operationsverstärker
82 HF-Spannungsmessung
83 Digital-Grundbausteine
84 Kurzwellenjagd
85 Digitale Meßtechnik
87 Unterhaltungselektronik
91 Windungszahlen
92 Digitale Uhren
94 Drahtlose Schaltgeräte
95 Filtern und Sieben I
96 Filtern und Sieben II
97 Elektronik in Haus und Hof
98/99 Arbeiten mit 74 XX
100/101 Elektronik-Heimlabor
102 L/C-Meßbrücke
103 Metallsuchgerät
105 Hi-Fi

107 IC + Digitaltechnik
108 Multivibratoren I
109 Multivibratoren II
110 Lichtorgeln
111 Elektronisch zählen u. zeitmessen
112 Digitalrechner
114 Prüfgeräte und Meßschaltungen
115 Schaltalgebra
116 Logikfamilien
117 Digitale Grundschaltungen
118 Schaltungen mit Flip-Flops
119 Zähler, Frequenzteiler, Zähleinh.
127/128 TTL-Uhrenschaltungen
129 Raffinessen in Haus und Auto
130 IC-Gags
132 Digital-Uhren
133/134 MOS-Schaltungen
135/136 Minispione III
137 Microspione
138 Thermometer, Netz-, Ladegerät
139 Thyristoren in Theorie u. Praxis
140 ICs in der Analogtechnik
141/142 Passive Bauelemente
143 Triacs und Diacs
161 TTL-Mikroprozessor-System
170/171 Minispione IV

300 Aktive Bauelemente 1
302 Spannungsquellen

400 50 Tonband-Experimente
402 Amateurfunklizenz-Prüfung
405 Sonnenkraft
445 Modellfernsteuerpraxis
446 Elektrogitarren
450 Gitarren-Verstärker-Anlagen
451 CB-Funkspaß
452 Antennen
454 Funktechnik als Hobby
455 BASIC – eine Einführung

ISBN 3-7724-0314-X

IC 741 – ein integrierter Baustein mit vielseitiger Verwendbarkeit: allein in diesem Buch wird er in 67 Schaltungen verwendet.
Dieser IC 741 ist eine monolithische, integrierte Schaltung, die als Differenzverstärker ausgeführt ist. Da dieser Baustein ursprünglich für Rechenoperationen in Computern entwickelt wurde, wird er auch Operationsverstärker genannt.
Die besonderen Vorteile sind: größere Temperaturstabilität, lineare Verstärkung und kleine Abmessungen.
Beim Aufbau der hier gezeigten Schaltungen werden sich weitere Anwendungen dieses vielseitigen und preisgünstigen Bausteins ergeben. Auf alle Fälle zeigt es sich rasch, daß viele bekannte Schaltungen mit diesem IC 741 bedeutend einfacher und betriebssicherer aufgebaut werden können.